

Ein ingenieurgerechtes Modell zur elektronischen Wissensvermittlung im Bauwesen

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Stefan Köhler

aus

Hanau/Main

Darmstadt 2006

D 17

Referent:

Prof. Dr.-Ing. Peter Grübl

Korreferent:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel

Tag der Einreichung:

28.06.2006

Tag der mündlichen Prüfung:

26.09.2006

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Grübl danke ich sehr für die Betreuung und Förderung dieser Arbeit. Mit Leib und Seele seiner Tätigkeit als Professor verpflichtet möchte ich Herrn Professor Grübl hiermit den Respekt zollen, der ihm dafür gebührt.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Rüppel danke ich sehr für die Übernahme des Korreferates.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei meinen Kolleginnen und Kollegen, insbesondere bei Lamia Messari-Becker, die mir eine sehr gute Freundin war und mir – so hoffe ich – auch nach meiner Zeit am Institut als solche erhalten bleibt.

Mein größter Dank gilt meiner Familie: Meinen Eltern, die immer für mich da waren und mich in meinem Tun unterstützt haben. Meinen Brüdern Karl-Heinz und Klaus, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen. Meinem Sohn Carl Luis Nathanael, der die Antriebsfeder meines Lebens darstellt und meinem Sein eine Bedeutung verleiht.

Als Teil meiner Familie – und meiner selbst – möchte ich mich an dieser Stelle aus tiefem Herzen bei meiner Freundin Judith bedanken. Danke für Alles!

Hailer, im September 2006

Stefan Köhler

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation.....	1
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Aufbau der Arbeit.....	3
2	Grundlagen elektronischer Lernsysteme.....	4
2.1	Didaktische Grundlagen.....	4
2.1.1	Lerntheorien.....	4
2.1.1.1	Behaviorismus.....	4
2.1.1.2	Instruktionalismus.....	5
2.1.1.3	Kognitivismus.....	5
2.1.1.4	Konstruktivismus.....	5
2.1.2	Didaktische Modelle.....	6
2.1.2.1	Das Modell des Programmierten Lernens.....	6
2.1.2.2	Das Modell des Instruktionsdesigns.....	7
2.1.2.3	Situationistische Modelle.....	8
2.1.2.4	Weitere Modelle.....	13
2.2	Technische Grundlagen.....	14
2.2.1	Das World Wide Web.....	14
2.2.2	Datenverwaltung im Internet.....	15
2.2.3	Die Datenaustauschsprache des World Wide Web.....	17
2.2.4	Webanwendungen.....	19
2.2.5	Internetgestützte Anwendungen.....	23
2.2.6	Kommunikationsmöglichkeiten der Internetbenutzer.....	26
3	Anforderungsanalyse elektronischer Lernsysteme für die Aus- und Weiterbildung im Bauwesen.....	28
3.1	Einleitung.....	28
3.2	Allgemeine Anforderungsanalyse.....	28
3.2.1	Zielgruppe.....	28
3.2.2	Lernziele und Vorgehen.....	29
3.2.3	Vorwissen.....	30
3.3	Analyse der elektronischen Umsetzung allgemeiner Anforderungen.....	32
4	Entwurf eines situationistischen Modells für die elektronische Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren.....	35
4.1	Einleitung.....	35
4.2	E-Learning im Bauwesen.....	35
4.3	Das 3-Stufen-Modell der elektronischen Wissensvermittlung.....	37
4.3.1	Deklarative Wissensvermittlung der ersten Stufe.....	42
4.3.2	Prozedurale Wissensvermittlung der zweiten Stufe.....	47
4.3.3	Konditionale Wissensvermittlung der dritten Stufe.....	50
4.4	Anwendung des 3-Stufen-Modells in der Aus- und Weiterbildung.....	54

5	Integration virtueller Gebäude in der elektronischen Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren	59
5.1	Einleitung	59
5.2	Virtuelle Gebäude im 3-Stufen-Modell.....	59
5.3	Gebäudedatenmodell	62
5.3.1	Graphische Informationen im Gebäudedatenmodell	63
5.3.2	Fachspezifische Erweiterungen des Gebäudedatenmodells	64
6	Implementierung des situationistischen Modells für die Aus- und Weiterbildung als modular erweiterbare Rahmenapplikation	67
6.1	Systementwurf einer netzwerkbasierten Rahmenanwendung	67
6.1.1	Rahmenanwendung	70
6.1.2	Erweiterungen	73
6.2	Konfiguration multimedialer Lernszenarien	76
6.3	Datenaustausch der modular erweiterbaren Rahmenapplikation	78
6.3.1	Gebäudedaten-Kommunikationsschicht.....	78
6.3.2	Erweiterungsmodul-Kommunikationsschicht.....	80
6.3.3	Externe Kommunikationsschicht	82
6.4	Basiskomponenten der Wissensvermittlung	84
6.4.1	Komponenten der deklarativen Wissensvermittlung	84
6.4.2	Komponenten der prozeduralen Wissensvermittlung.....	87
6.4.3	Komponenten der konditionalen Wissensvermittlung.....	91
7	Anwendung in der Bauphysik	94
7.1	Einleitung	94
7.2	Bauphysikalisches Datenmodell und Mustergebäude	94
7.3	Bauphysikalische Erweiterungsmodule	95
7.4	Anwendungsbeispiele	101
7.4.1	Lernszenario der zweiten Stufe.....	101
7.4.2	Lernszenario der dritten Stufe	107
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	111
8.1	Zusammenfassung	111
8.2	Ausblick.....	112
	Literatur	114

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Computerunterstütztes Lehren und Lernen, seit Mitte der neunziger Jahre unter dem Begriff E-Learning bekannt, lässt sich als konsequente Fortführung der Ziele, die zur Entstehung des Internet beigetragen haben, beschreiben. Das Internet, welches seinen Ursprung im Jahr 1966 in der Idee der Vernetzung von Computern findet, wurde erfolgreich, als 1972 die Möglichkeit geschaffen wurde, es als Kommunikationsmedium zu nutzen. Der endgültige Durchbruch gelang 1989, als im Europäischen Teilchenlabor CERN das World Wide Web entwickelt wurde. Das dort entstandene Hypertext System ermöglichte es den Nutzern des Internet vorwiegend wissenschaftliche Informationen anderen Nutzern zugänglich zu machen und Bezüge durch Verlinkungen mit anderen Publikationen im Netz herzustellen. Auf die Lehre angewandt, lassen sich die wesentlichen Erfolgskomponenten des Internet in Form der Kommunikationsmöglichkeit und der Informationsvermittlung zur Begriffsdefinition von E-Learning heranziehen: E-Learning beschreibt die computergestützte Form des Lehrens und Lernens durch digitale Informationsvermittlung unter Zuhilfenahme elektronischer Kommunikationsmöglichkeiten.

Neben der Weiterentwicklung der Informationstechnologie, die im E-Learning zum Einsatz kommt, entstand in den letzten Jahren eine Vielzahl didaktischer Modelle mit dem Ziel, elektronische Aus- und Weiterbildung den natürlichen Lernprozessen anzupassen. Ursprüngliche Szenarien, geprägt durch abstrakte Wissensvermittlung kombiniert mit der digitalen Kommunikationsmöglichkeit zwischen Lehrer-Lerner und Lerner-Lerner, zeigten, dass das vorgegebene Ziel einer rein computergestützten Wissensvermittlung nicht erreicht werden konnte. Trotz einer Vielzahl von Vorteilen, die mit einer elektronischen Wissensvermittlung in Verbindung gebracht werden können, ist es bisher nicht möglich gewesen, bestimmte für den Lernerfolg positive Eigenschaften einer Präsenzlehre abzubilden. Ein wesentliches Erfolgsmerkmal der Präsenzlehre ist der unmittelbare Kontakt der Beteiligten untereinander. Eine Rückkopplung zwischen Lehrer und Lerner kann ohne Zeitverzögerung erfolgen, im Gegensatz zu der meist zeitversetzten Kommunikation der elektronischen Lehre. Ein weiteres Erfolgskriterium der Präsenzlehre ist die klassische Unterteilung der Lehre in einen Vorlesungsteil und einen Übungsteil. Wissensvermittlung gefolgt von Wissensvertiefung durch Anwendung der zuvor vermittelten Informationen an Beispielen aus der Praxis fördert das Verständnis der Lernenden. Elektronische Lernsysteme weisen hier Defizite auf. Diese sind zwar nicht selten im Bereich der Wissensvermittlung durch die Kombination hochwertiger Inhalte in Form von Text, Bild und Animation der Präsenzlehre überlegen, decken allerdings das Gebiet der Anwendung von

Wissen nur unzureichend ab. Trotz einer Vielzahl didaktischer Modelle, die sich mit der Anwendbarkeit des Wissens auseinandersetzen, gehen die sich auf dem Markt befindenden Lernsysteme selten über die reine Abfrage der vermittelten Information durch die Integration von Testsystemen hinaus. Diese Kurztests zur Wissensabfrage in Form von Multiple-Choice Aufgaben, Lückentexten und Zuordnungsaufgaben stellen zwar eine nicht zu unterschätzende Bereicherung dar, schaffen es aber nicht, komplexe Sachverhalte abzuprüfen oder gar zu vermitteln. Ursachen für das Fehlen von Lernplattformen, welche die Wissensanwendung unterstützen, sind zum einen der damit verbundene hohe Aufwand, entsprechende Systeme zu implementieren, zum anderen stellt sich heraus, dass die entwickelten didaktischen Modelle nicht für jede Fachdisziplin gleich gut umsetzbar sind. Eine fachspezifische Anpassung der Modelle ist notwendig.

1.2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein Lernsystem zu entwickeln, das die abstrakte Wissensvermittlung um geeignete Komponenten zur Wissensvertiefung im Bauingenieurwesen erweitert. Fokussiert werden soll hierbei die Anwendung der zuvor vermittelten fachlichen Informationen an konkreten Problemstellungen aus der Praxis. Zur Lösung der Aufgaben soll der Benutzer relevante Nachweisverfahren einsetzen, die im System zu integrieren sind. Hierbei ist das Erlernen der Benutzung dieser Programme als Bestandteil der Lernszenarien zu verstehen. Um den mit der abstrakten Wissensvermittlung beginnenden bis hin zur praxisorientierten Anwendung gehenden Lernprozess zu unterstützen, ist ein situationistisches Modell zu entwickeln, welches speziell auf die Bedürfnisse der elektronischen Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren eingeht. Das zu entwickelnde didaktische Modell soll die Aspekte selbstständiges, entdeckendes, problembasiertes und projektbasiertes Lernen berücksichtigen.

Die technische Realisierung des situationistischen Modells als hochgradig computerzentriertes Lernsystem bildet einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit. Der Lerner soll mit minimaler tutorieller Unterstützung des Lehrers den Lernprozess erfolgreich abschließen können. Der Wegfall der Tutorfunktionalität des Lehrers soll kompensiert werden durch die hochinteraktive Lernumgebung, die Anleitung und Hilfestellung bei der Anwendung des vermittelten Wissens gibt. Eine Schlüsselrolle spielt hierbei eine geeignete digitale Umsetzung klassischer Übungen aus der Präsenzlehre. Um den eigentlichen Lernprozess nicht unnötig durch die zusätzlichen Komponenten der Wissensvertiefung und dem damit verbundenen Aufwand in die Einarbeitung zur Benutzung dieser zu erschweren, ist auf eine intuitive Benutzung der Module zu achten. Der Einsatz geeigneter Methoden soll es ermöglichen, eingebettete Module zu sich

selbsterklärenden Werkzeugen zu machen. Die Benutzung der Lernplattform soll vereinfacht werden, indem die im System integrierten Module ein einheitliches Erscheinungsbild und eine aufeinander abgestimmte Bedienung aufweisen.

Neben der didaktischen und der technischen Verknüpfung der zum Einsatz kommenden Komponenten ist das Einbinden eines fachlichen Bindegliedes angestrebt. Im Bauwesen bietet sich hierfür die Integration eines virtuellen Gebäudes als zentraler Bestandteil der Lernplattform an. Das Gebäudemodell kann von den Komponenten der Wissensvermittlung herangezogen werden, um Sachverhalte realitätsnah zu veranschaulichen. Eine Erweiterung des geometrischen Gebäudemodells um die zur Nachweisführung notwendigen bautechnischen Daten hin zum Gebäudedatenmodell ermöglicht den wissensvertiefenden Komponenten die Anwendung des zuvor vermittelten Wissens am gleichen Objekt.

1.3 Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 erläutert die Grundlagen elektronischer Lernsysteme. Es wird sowohl auf die für die Arbeit relevanten didaktischen Grundlagen als auch auf die relevanten technischen Grundlagen eingegangen.

Kapitel 3 geht auf das Ergebnis der Anforderungsanalyse ein, welches als Ausgangspunkt der Entwicklung des ingenieurgerechten Modells herangezogen wird.

Kapitel 4 beschreibt das situationistische Modell, das für die elektronische Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren entwickelt wurde. Es zeigt die Möglichkeit auf, die Anwendbarkeit des Wissens im Kontext relevanter Anwendungen in einem 3-Stufen-Modell zu realisieren.

Kapitel 5 stellt die Bedeutung der Integration virtueller Gebäude als fachliches Bindeglied in einer Lernumgebung für das Bauwesen in den Vordergrund.

Kapitel 6 beschreibt die technische Realisierung des Lernsystems auf der Basis des situationistischen Modells. Es wird auf die Architektur des Gesamtsystems eingegangen sowie auf die Implementierung der technischen, wissensvermittelnden und wissensvertiefenden Basiskomponenten.

Kapitel 7 demonstriert den Einsatz des Lernsystems im Umfeld der Bauphysik. Notwendige Erweiterungen sowie zusätzliche Basiskomponenten zur bauphysikalischen Verwendung werden beschrieben.

Kapitel 8 fasst die wesentlichen Punkte der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick für weitere Arbeiten.

2 Grundlagen elektronischer Lernsysteme

2.1 Didaktische Grundlagen

Didaktik bezeichnet im Allgemeinen die Wissenschaft und Lehre vom Lehren und Lernen [DID2006]. Als Unterdisziplin der Pädagogik beschäftigt sie sich mit der Auswahl, Strukturierung und Gestaltung von Lerninhalten sowie mit den Vermittlungsmethoden des Lehrstoffes mit dem Ziel, den Lernprozess positiv zu beeinflussen. Das Lernen selbst, als individueller Erwerb von Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten definiert, wird durch verschiedene Lerntheorien beschrieben beziehungsweise versucht zu erklären. Basierend auf Lerntheorien entwickelte didaktische Modelle versuchen ein auf Vollständigkeit zielendes Theoriegebäude zu entwerfen, welche zur Analyse und Planung von Lehr- und Lernsituationen herangezogen werden können.

In den folgenden Abschnitten werden die Lerntheorien und didaktischen Modelle erläutert, die zur Entwicklung eines situationistischen Modells für das Bauingenieurwesen herangezogen wurden.

2.1.1 Lerntheorien

2.1.1.1 Behaviorismus

Die Theorie der Wissenschaft vom Verhalten von Menschen und Tieren wird als Behaviorismus bezeichnet [BEH2006]. In der ursprünglichen Variante, beschrieben von John B. Watson, wurde das Konzept der Reiz-Reaktions-Steuerung, das von Iwan P. Pawlow am Verhalten von Tieren entdeckt wurde, auf den Menschen übertragen. Es ging davon aus, dass das Verhalten in Reiz (Stimulus) und Reaktion (Response) zerlegt werden kann und dass auf einen bestimmten Reiz eine ebenfalls bestimmte Reaktion erfolgt. Weiterhin wurde durch die Theorie der klassischen Konditionierung die Möglichkeit beschrieben, einem natürlichen Reflex einen künstlichen, neuen Reflex mittels Assoziation hinzuzufügen. Das Gehirn wurde hierbei als Black-Box betrachtet, das automatisiert auf einen Reiz mit einer Reaktion antwortet. Dass sich Verhaltensweisen nicht nur als bloßes Reagieren auf vorangestellte Reizmuster beschreiben lassen, erläutert Skinner und geht im Gegensatz zur klassischen Konditionierung davon aus, dass sich neue Verhaltensweisen durch das Prinzip der Verstärkung erlernen lassen. Die Auftretenswahrscheinlichkeit eines natürlichen, spontanen Verhaltens kann erhöht werden, wenn der Reaktion eine Belohnung folgt. Diese Form des Erlernens von Reiz-Reaktions-Mustern wird als operante Konditionierung bezeichnet [OKO2006].

2.1.1.2 Instrukionalismus

Die Lerntheorie des Instrukionalismus stellt die Instruktion des Lernalers durch den Lehrer in den Vordergrund. Das vom Lehrer vermittelte Wissen wird vom Lerner passiv aufgenommen und durch anschließende Übungen vertieft [INS2006]. Gagné, der als Begründer der Instruktionstheorie gilt, integrierte in seinem Ansatz die Theorie des Behaviorismus unter Einbezug kognitiver Aspekte und lieferte mit seinem Modell der neun Lehrschrirte eine Handlungsweise zur Unterrichtsplanung [GAG2005]. Der begrenzte Handlungsspielraum des Lernalers durch die enge Abfolge von Instruktionen ursprünglicher Instruktionstheorien hatte den Vorteil, dass das zu vermittelnde Wissen zwar gut überprüfbar war, aber individuelle Fähigkeiten wie das Vorwissen und die Erfahrungen des Lernalers außer Acht ließ.

2.1.1.3 Kognitivismus

Der Kognitivismus grenzt sich vom Behaviorismus ab, welcher das Verhalten auf einen Reiz-Reaktions-Mechanismus vereinfacht. Im Kognitivismus hingegen werden innerpsychische Vorgänge für den Prozess der Informationsverarbeitung verantwortlich gemacht. Wissen definiert sich nicht als abgespeicherte Information, Wissen ist verarbeitete Information. Hierbei definiert sich der Lernprozess als Austausch und Anpassung an die Umwelt [KOG2006]. Piaget, der maßgeblich an der Entwicklung der Lerntheorie des Kognitivismus beteiligt war, unterscheidet hierbei die Prozesse der Akkomodation und der Assimilation: Akkomodation bezeichnet die Anpassung eines Schemas an die Umwelt, wohingegen Assimilation einen Vorgang bezeichnet, der die Umwelt durch Anwendung eines Schemas verändert.

Die Rolle des Lehrers beschränkt sich auf die Vermittlung von Erfahrungen, die dem Lerner bei der eigenständigen Lösung von Problemen hilfreich sein soll.

2.1.1.4 Konstruktivismus

Im Gegensatz zur stark eingeschränkten Eigenverantwortung über den Lernprozess des Lernalers im Instrukionalismus stellt der Konstruktivismus das eigenverantwortliche Handeln des Lernalers in den Vordergrund. Die Aneignung von Wissen wird als Erkenntnisprozess angesehen und ist abhängig von der Erfahrung des Individuums. Im Prozess des selbstständigen Lernens tritt der Lehrer als Wissensvermittler in den Hintergrund. Seine Verantwortlichkeit liegt vielmehr in der Bereitstellung von Lernmaterial, Tools und Hilfsmitteln, die das eigenständige Handeln des Lernalers ermöglichen [KON2006].

2.1.2 Didaktische Modelle

2.1.2.1 Das Modell des Programmierten Lernens

Als direkte Umsetzung der behavioristischen Lerntheorie entwickelte Skinner in den 50er Jahren die Methode des programmierten Lernens [NIE2003]. Mit der zur damaligen Zeit zur Verfügung stehenden Technik entwickelte er Lehrmaschinen, die auf der Basis von Informations-Frage-Antwort-Sequenzen dem Lerner den Lehrstoff vermittelten. Bedingt durch die operante Konditionierung, die ein korrektes Antwortverhalten des Lerners erfordert, wurden die zu vermittelnden Informationseinheiten sehr klein gehalten, so dass eine im Anschluss gestellte Frage mit hoher Wahrscheinlichkeit richtig beantwortet werden konnte und das Prinzip der positiven Verstärkung in der Form der Fortsetzung des Lehrpfades Anwendung fand. Die Fragen wurden vorwiegend in Form von zu vervollständigenden Lückentexten gestellt, da diese dem Lerner eine höhere Aktivität abverlangten als das bloße Auswählen aus vorgegebenen Auswahlantworten. Die Schlichtheit des Frage-Antwort-Mechanismus hatte den Vorteil, die Eingaben des Benutzers mit einfachen Mitteln kontrollieren zu können und entsprechende Rückmeldungen zu liefern.

Mit dem Ziel der Fakten und Wissensvermittlung fand der Einsatz programmierter Unterrichtsmethoden, nicht zuletzt unterstützt durch die Annahme, Kosten einsparen zu können, in den 60er Jahren große Verbreitung. Unter dem Begriff des Drill & Practice fand die Lernmethode beispielsweise großen Zuspruch bei der U.S. Army, welche an effizienten Trainingsmethoden sehr interessiert war und fortan computerbasiertes Lernen förderte [SCH2002].

Erweiterungen des von Skinner eingeleiteten programmierten Unterrichts fanden sich zum einen im Bereich der Entwicklung von Tools, welche die Erstellung von Lernprogrammen und Lerninhalten erleichtern sollten, den so genannten Autorensystemen [SCH2002]. Zum anderen wurde der Bereich der Funktionalität ausgedehnt, in dem die ursprünglich lineare Abfolge der Lernprogramme um verzweigte Methoden erweitert wurde. Diese ermöglichten es, auf fehlerhafte Eingaben des Lerners variabel zu reagieren, beispielsweise durch die Wiederholung einer Sequenz, die erneut das Wissen vermittelte, welches zur Beantwortung der Frage notwendig war. Die zunehmende Komplexität solcher Lernsysteme hatte allerdings den Nachteil, dass der Aufwand, Lernprogramme zu entwickeln, stetig größer wurde und eine Nutzung der entwickelten Tools zur Unterstützung dieses Prozesses nicht mehr möglich war.

Obwohl Skinners Modell heute vielfach abgelehnt wird und durch höhere Lerntheorien, insbesondere die des Konstruktivismus, versucht wird zu ersetzen, ist nicht zu

leugnen, dass derzeitige Lernsysteme nicht selten Gebrauch des auf dem Behaviorismus aufgebauten Modells machen.

2.1.2.2 Das Modell des Instruktionsdesigns

Ausgehend von der Forderung, das durch assoziatives Lernen geprägte Modell des programmierten Unterrichts didaktisch variabel zu halten, integrierte Gagné existierende Lerntheorien zum Modell der Instruktion [NIE2003]. Er formulierte zwei Grundprinzipien, die zur systematischen Planung und Entwicklung von Lernumgebungen einzuhalten waren: Die Kategorisierung des Lehrziels und das Sicherstellen der Lernvoraussetzungen, die zur Erarbeitung des Lehrziels notwendig waren. Die geforderte didaktische Differenzierung spiegelte sich hierbei in der Klassifizierung der Lehrziele wieder. Gagné unterschied fünf Lehrzielkategorien, welche die zu erwerbenden Fähigkeiten des Lerners charakterisierten:

1. Sprachliches Wissen
2. Kognitive Fähigkeiten
3. Kognitive Strategien
4. Einstellungen
5. Motorische Fähigkeiten

Je nach Lehrzielkategorie ergaben sich unterschiedliche Empfehlungen bezüglich der anzuwendenden Lehrmethoden. Unveränderlich blieb allerdings die Abfolge der Lehrschritte, welche die Lehre nach festen Regeln gestalten sollte. Die neun Lehrschritte nach Gagné waren:

1. Aufmerksamkeit gewinnen
2. Information über die Lehrziele
3. Vorwissen aktivieren
4. Darstellen des Lehrstoffes
5. Lernen anleiten
6. Ausführen und Anwenden lassen
7. Informative Rückmeldung geben
8. Leistung kontrollieren und beurteilen
9. Behalten und Transfer sichern

Die festen Regeln, nach denen sich die Lehre orientieren sollte, betonen die zentrale Rolle des Lehrers im gesamten Lernprozess. Obwohl die Theorien von Gagné ohne Berücksichtigung computerunterstützter Methoden entstanden, fanden sie Eingang in die Entwicklung multimedialer Lernumgebungen und prägen noch heute das Konzept vieler Lernsysteme.

Die wesentliche Neuerung des Instruktionsdesigns lässt sich zusammenfassen durch die systematische Planung, Entwicklung und Implementierung bis hin zur Evaluation von Lernumgebungen und den dabei verwendeten Lernmaterialien unter Einbezug der zuvor beschriebenen Lerntheorien des Behaviorismus und des Kognitivismus. Die damalige dezidierte Unterteilung in Einzelschritte bei der Entwicklung von Lernumgebungen in die Teilprozesse der Analyse, des Design und der Implementierung gilt heute als Standard in vielen Bereichen, insbesondere der Softwareentwicklung.

2.1.2.3 Situationistische Modelle

Situationistische Modelle finden ihren Ursprung im Instruktionsdesign und der damit verbundenen Kritik, durch die eingeschränkten Methoden der Instruktion „träges Wissen“ zu produzieren [WEN2003]. Lernumgebungen, die nach den Vorgaben des Instruktionsdesigns erstellt wurden, waren zwar in der Lage, den Lernern abstraktes Wissen zu vermitteln, konnten aber keine Hilfestellungen zur praxisorientierten Anwendung des Wissens geben. Das Scheitern des Wissenstransfers von der Theorie zur Praxis wurde durch eine Vielzahl von Ursachen erklärt, beispielsweise der mangelnden Einflussnahme des Lernalters am Lernprozess selbst, einer zu geringen Aktivität des Lernalters im Lernszenario oder das Fehlen kommunikativer Komponenten, die kooperatives Lernen ermöglichen.

Der nachfolgende Abschnitt erläutert verschiedene Methoden des situierten Lernens, die sich mit der Gestaltung von Lernumgebungen auseinandersetzen. Die grundlegenden situationistischen Merkmale [LAM2001] in Form von

1. kontextspezifischem Lernen
2. konstruktivem Lernen
3. aktiver Beteiligung des Lernenden
4. lernerzentriertem Steuerungs- und Kontrollprozess sowie
5. Lernen im sozialen Kontext

finden hierbei in jedem Modell Berücksichtigung, wenn auch die Ausprägung der jeweiligen Komponenten unterschiedlich ausfällt.

Die Anchored Instruction Methode

Die Methode der Anchored Instruction wurde von Bransford und seinen Mitarbeitern entwickelt und widmete sich vorwiegend dem Problem des „trägen Wissens“, das durch die abstrahierte Wissensvermittlung entstand [NIE2003]. Der Ansatz der Methode bestand im Wesentlichen darin, das Wissen im Kontext eines zu bearbeitenden, realitätsnahen Problems zu verankern statt es nach den Vorgaben des Instruktionsdesigns in nur einem Lehrschritt zu zentrieren. Die folgende Gegenüberstellung

der neun Lehrschr tte nach Gagné und der Anchored Instruction Methode gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Methoden der Ansätze, zeigt aber auch die enge Verwandtschaft der Ansätze auf.

Die ersten drei Lehrschr tte nach Gagné lassen sich als Einführung in die Lernsequenz zusammenfassen. Die Gliederung der Lehrschr tte in die Phasen Aufmerksamkeit gewinnen, informieren über die Lehrziele und die Aktivierung des Vorwissens verdeutlicht die Notwendigkeit, dem Lerner vorab eine klare Vorstellung von der zu bearbeitenden Aufgabe zu geben und hierfür das Interesse zu wecken. Die Methode nach Bransford beinhaltet ebenfalls eine Einführung in den zu vermittelnden Stoff, bedient sich hierbei allerdings zusätzlicher Methoden: Wie bereits zuvor erwähnt, wird das zu erreichende Lehrziel problemorientiert vermittelt, d.h. es wird eine konkrete, realitätsnahe Situation abgebildet, die dem Lerner vertraut ist und spontane Lösungsansätze beim Lerner generiert. Die Einbindung neuer, multimedialer Technologien, wie beispielsweise der Einsatz von Bild- und Videomaterial, tragen hierbei wesentlich zum Verständnis der Aufgabe und gleichzeitig zur Motivation bei. Das Problem selbst orientiert sich nicht am Vorwissen des Lerners. Mangelndes, zur Lösung der Aufgabe notwendiges Wissen, muss vom Lerner selbst erkannt und gegebenenfalls durch die Auswahl eines vorangestellten Lernszenarios angeeignet werden.

Das klassische, lehrerzentrierte Modell der Instruktion spiegelt sich in den Lehrschr tten vier bis acht wieder. Die strenge Aneinanderreihung von Wissensvermittlung, Anleitung, Anwendung, Kontrolle und Rückmeldung nach Gagné wird in der Anchored Instruction Methode durch den Ansatz der explorativen Instruktion abgelöst: Die Steuerung des Lernprozesses wird vom Lehrer auf den Lerner übertragen, der durch das Analysieren des Problems selbstständig Wissen erforscht und neue Fertigkeiten erschließt. Die notwendigen Informationen zur Lösung des Problems können in der Lernumgebung recherchiert werden. Um hierbei den Aspekt der unterschiedlichen Perspektiven und Sichtweisen des zu vermittelnden Stoffes zu berücksichtigen, wird eine Vielzahl unterschiedlicher Informationsquellen angeboten, aus denen der Lerner auswählen und untereinander vergleichen kann.

Neben den reinen Informationsquellen in Form von Texten, Publikationen, Präsentationen, Bildern usw. bieten situationistische Lernumgebungen dem Lerner die Möglichkeit, Sachverhalte unter der Zuhilfenahme von Simulationsprogrammen zu untersuchen. Die Integration solcher Programme im Lernsystem können einen wesentlichen Anteil zum eigenständigen Lernen beitragen: Fachspezifische Aktivitäten des Lerners fördern das Verständnis des Sachverhalts und tragen maßgeblich zum Wissenstransfer von der Theorie in die Praxis bei.

Selbsterarbeitetes Wissen bedarf der Kontrolle. Hierfür stehen in situationistischen Lernumgebungen die aus dem programmierten Unterricht bekannten Selbsttests zur Verfügung, mit denen der Lerner das angeeignete Wissen überprüfen kann. In Form von klassischen Multiple-Choice Fragen und Lückentexten kann er seine Leistung kontrollieren und beurteilen, gegebenenfalls werden ihm Vorschläge zur Verbesserung seiner Leistung unterbreitet. Eine weitere Möglichkeit, Wissen zu überprüfen, besteht in der Integration kommunikativer Komponenten, welche die Form des kooperativen Lernens unterstützen. Der Abgleich des erarbeiteten Wissens mit anderen Lernern kompensiert zum einen den Wegfall der zentralen Lehrerrolle, zum anderen führt er in das Lernen in Gruppen ein, der einen wichtigen Aspekt nach dem Modell von Bransford darstellt.

Die Dokumentation der Tätigkeit, beginnend mit dem Lösungsansatz bis hin zur Ergebnisdarstellung, stellt eine weitere Neuerung im Vergleich zum Modell nach Gagné dar. Der Lerner wird angehalten, Gedankengänge zu protokollieren, die nach Abschluss des Lernszenarios zur Reflexion herangezogen werden können. Dem Lerner wird hierdurch die Möglichkeit gegeben, gemachte Lernfortschritte zu erkennen, Vorgehensweisen zu analysieren und Ergebnisse zu präsentieren.

Der Aspekt des Behaltens und der Transfersicherung in Lehrschrift neun nach Gagné wird im Anchored Instruction Modell durch die Methode der Variation realisiert. Nach erfolgreicher Lösung der ersten, einfachen Problemstellung wird in ein bis zwei weiteren Szenarien die Komplexität der Problemstellung erhöht. Das erneute Anwenden des zuvor erlernten Wissens unter anderen, komplexeren Bedingungen sichert das Behalten und fördert die Fähigkeit des Lerners, selbstständig Probleme zu konstruieren und diese zu lösen.

Der Cognitive Apprenticeship Ansatz

Die Cognitive Apprenticeship Methode nach Brown und Duguid basiert auf den Erkenntnissen der Lehrlingsausbildung, in welcher der Meister seine Fähigkeit vorführt und im Anschluss der Lehrling die Tätigkeit nachahmt [NIE2003]. Der praktische Einsatz von Wissen als Ausgangspunkt der Wissensvermittlung ist in vielen Bereichen eine gängige und effektive Vorgehensweise. Trotz der natürlichen Form dieses Lernprozesses wurde die praxisorientierte Methode mehr und mehr aus der schulischen Ausbildung verdrängt, nicht zuletzt getrieben durch Forderungen des Konstruktivismus und der damit verbundenen Steuerung des Lernprozesses durch den Lerner selbst. Brown und Duguid kommen den Ansprüchen der Lerntheorien des Kognitivismus und Konstruktivismus nach, indem sie den Lernprozess sukzessive von einer lehrerzentrierten Anfangsphase in eine lernerzentrierte Endphase überführen und dafür sechs Schritte definieren:

1. Modeling
2. Coaching
3. Scaffolding and Fading
4. Articulation
5. Reflection
6. Exploration

Im Schritt *Modeling* führt der Lehrer das Wissen vor. Er zeigt Sachverhalte auf, führt das Lösen von konkreten Problemen vor und erläutert Hintergrundinformationen, die zum Verständnis notwendig sind. Um den Praxisbezug zu verdeutlichen, erfolgt das Lehren in einem situierten Kontext.

Im darauf folgenden Schritt *Coaching* vollzieht der Lerner das Wissen beziehungsweise die Fertigkeit des Lehrers nach. In dieser Phase wird der Lerner intensiv vom Lehrer betreut, der Verbesserungsvorschläge unterbreitet, Hinweise zur Vorgehensweise gibt und gegebenenfalls die im ersten Schritt vorgeführten Tätigkeiten wiederholt.

Der dritte Schritt, *Scaffolding and Fading*, bezeichnet die Phase der Lernsequenz, in der sich der Lehrer Schritt für Schritt aus dem Lernprozess herauszieht. Der Lerner verfügt nun über genug Wissen, die Fähigkeiten eigenständig durchzuführen.

Im vierten Schritt, *Articulation*, wird der Lerner aufgefordert, sein neues Wissen zu artikulieren. Das Erklären von Sachverhalten in eigenen Worten zeigt auf, ob das Wissen verstanden wurde oder es sich bei einer korrekt nachvollzogenen Handlungsweise nur um eine bloße Imitation des Lehrers handelt. Ebenfalls können in dieser Phase Missverständnisse aufgeklärt werden, die sich in der korrekten Umsetzung durch den Lerner nicht bemerkbar machten.

Reflection, der fünfte Schritt im Modell von Browns und Duguid, dient dem Zweck der Selbsteinschätzung des Lerners mittels Vergleich des eigenen Wissens und dem des Lehrers. Unterschiedliche Vorgehensweisen werden erläutert und begründet.

Im letzten Schritt, dem der *Exploration*, wendet der Lerner das vermittelte Wissen in neuen Situationen an. Er übernimmt die Rolle des Lehrers, indem er selbstständig neue Probleme definiert, passende Fragen dazu stellt und diese korrekt unter Einbezug des neuen Wissens beantwortet.

Die aufgeführten Schritte der Cognitive Apprenticeship Methode beinhalten alle neun Lehrschritte nach Gagné. Erweiterung findet das klassische Instruktionsdesign durch

die Überführung in das selbstständige Arbeiten des Lerners im situierten Kontext, welches allerdings im Vergleich zur Anchored Instruction Methode moderat ausfällt.

Die Methode der Goal-Based-Scenarios

Der Ansatz der Goal-Based-Scenarios [NIE2003] lässt sich umschreiben als projektbasiertes Lernen im Kontext von Anwendungen, die für das zukünftige Arbeiten des Lerners von Relevanz sind. Die Vermittlung von Faktenwissen, gepaart mit der Möglichkeit der direkten Anwendung des Wissens in relevanten Programmen, soll dem Lerner eine optimale Vorbereitung auf die Arbeitsweise im Beruf bieten. Der hierdurch hervorgerufene positive Effekt auf die Motivation des Lerners wird im Modell nach Schank vergrößert, in dem nicht nur die Anwendungen auf die zukünftige Arbeitsweise einstimmen, sondern auch die zugeteilte Rolle, die der Lerner im Lernszenario einnimmt: Der Lerner wird in eine realitätsnahe Situation eingebunden, die ihn im Lernszenario von Anfang bis Ende begleitet. Der für den Lernprozess entscheidende Faktor in Goal-Based-Scenarios ist der Handlungsablauf, in den der Lerner eingebettet ist. Gestützt durch die Theorie, dass nachhaltige Lernprozesse durch unerwartete Ereignisse eher generiert werden als durch das Eintreten von erwarteten Ergebnissen, wird in der Methode nach Schank fehlerhaftes Vorgehen provoziert. Für den Lernprozess ergeben sich hierdurch zwei Konsequenzen: Zum einen wird das Bedürfnis des Lerners nach Klärung des Sachverhaltes geweckt, was eine umfassendere Beschäftigung mit dem Lehrstoff nach sich zieht, und zum anderen wird die Wahrscheinlichkeit, den gleichen Fehler noch einmal zu machen, minimiert. Das Konzept, aus Fehlern zu lernen, wird von Schank als *Learning by Doing* bezeichnet.

Zur Entwicklung von Lernumgebungen nach dem Modell der Goal-Based-Scenarios definiert Schank sieben Komponenten, die zu implementieren sind:

1. Lernziele

Die Lernziele von Lernumgebungen nach der Methode des Goal-Based-Scenarios sind die Vermittlung von Faktenwissen und die Fähigkeit, dieses realitätsnah umzusetzen.

2. Arbeitsauftrag

Der Arbeitsauftrag dient der Konstruktion einer Situation, die vom Lerner einfach nachvollziehbar ist. Er sollte so gestaltet sein, dass er auf den Bearbeiter motivierend wirkt.

3. Rahmenhandlung

Eine zu implementierende Rahmenhandlung soll den Lerner durch die Aufgabe

führen. Hierbei ist darauf zu achten, dass hinreichend Möglichkeit gegeben wird, Faktenwissen zu erlernen und dieses in Applikationen anzuwenden.

4. Rolle des Lernalers

Die Rolle des Lernalers ist auf ein reales Szenario zuzuschneiden. Sie muss motivierend auf den Lerner einwirken.

5. Szenario-Handlung

Die Szenario-Handlung führt den Lerner durch die Aufgabe. Sie ist auf die zu erreichenden Ziele zugeschnitten und orientiert sich am Arbeitsauftrag. Durch die Provokation von Fehlverhalten bedient sie sich der Theorie des *Learning by Doing*.

6. Ressourcen

Die Lernumgebung muss dem Lerner ausreichend Wissen zur Verfügung stellen, welches leicht zu erschließen ist. Das Wissen sollte nicht abstrakt, sondern nach Möglichkeit im Kontext vermittelt werden.

7. Rückmeldung

Rückmeldungen der Lernumgebung sollen ohne Zeitverzögerung erfolgen. Die Rückmeldungen selbst weisen auf die Folgen des Fehlverhaltens hin, informieren über die Ursachen und liefern Erfahrungsberichte von Experten.

Ein Vergleich der Komponenten nach Schank und den Lehrschritten anderer situationistischer Modelle lässt erkennen, dass sich die Methode der Goal-Based-Scenarios im Bezug auf das Verhältnis Instruktion und selbstgesteuertem Lernprozess im Mittelfeld einordnen lässt: Der Instruktionsanteil ist höher als in Lernumgebungen nach der Anchored Instruction Methode und deutlich niedriger als in Systemen nach der Cognitive Apprenticeship Methode.

2.1.2.4 Weitere Modelle

Neben den oben aufgeführten Modellen existiert eine Vielzahl weiterer Modelle, welche die verschiedenen Lerntheorien mit unterschiedlichen Gewichtungen in Lernumgebungen implementieren. Da diese die für die weitere Arbeit bedeutsamen Kernaussagen der oben genannten Modelle weder revidieren noch sinnvoll erweitern, wird hier von einer detaillierten Betrachtung abgesehen.

Abschließend sei noch auf das so genannte Selbstlernkonzept hingewiesen, das in der Umsetzung multimedialer Lernumgebung oftmals zum Einsatz kommt. Es handelt sich hierbei weniger um ein didaktisch fundiertes Modell, vielmehr beschreibt es Systeme, die in der Lage sind, Wissen gezielt zur Anzeige zu bringen. Sie bieten dem

Lerner multimedial aufbereitete Informationen und Wissensbausteine in einer offenen, nicht hierarchischen Struktur. Die als Informationssysteme, Wissensdatenbanken und Expertensystemen bekannten Lernumgebungen bieten dem Lerner über Suchfunktionen schnellen Zugriff auf die gewünschte Information. Oftmals bieten sie dem Lerner die Möglichkeit, die Inhalte nach den eigenen Bedürfnissen neu zu strukturieren. Sie verfügen allerdings über keine Komponenten zur Unterstützung des Lernprozesses in Form von Test, Übungen oder Aufgaben.

2.2 Technische Grundlagen

Die oben aufgeführten didaktischen Methoden und Modelle entwickelten sich zum Großteil ohne eine Berücksichtigung multimedialer Aspekte, fanden aber direkte Umsetzungen in der sich zeitgleich explosionsartig entwickelnden Informationstechnologie. Unter dem Begriff E-Learning bekannt etablierten sich elektronische Lernumgebungen, die neue Möglichkeiten des Lernens darboten, vorrangig das zeit- und ortsunabhängige Lernen. Mit dem stetigen Fortschritt der Informationstechnologie entwickelten sich auch die Möglichkeiten weiter, mit denen multimediale Lernumgebungen Einfluss auf den Lernprozess nehmen konnten. Der nachfolgende Abschnitt erläutert Basiskomponenten, die für die Implementierung elektronischer Lernsysteme von Belang sind und geht auf Standards ein, die sich auf dem Markt der computergestützten Aus- und Weiterbildung etabliert haben.

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die grundlegenden Basistechnologien, die in computergestützten Lernumgebungen zum Einsatz kommen. Der Fokus liegt hierbei auf den Technologien, die in internetgestützten Systemen Anwendung finden.

2.2.1 Das World Wide Web

Ein maßgeblicher Faktor für den Aufschwung des E-Learning im vergangenen Jahrzehnt ist mit der Ausbreitung des Internet verbunden. Schnellere Verbindungen bei fallenden Nutzungsgebühren ermöglichten auch mittelständigen Unternehmen und privaten Haushalten den performanten Zugriff auf Informationen aus dem World Wide Web. Der Begriff World Wide Web (kurz Web oder WWW) bezeichnet eine Kommunikationsform des Internet, über die Hypertext-Systeme abgerufen werden können: Client-Software, vorrangig sei hier der Webbrowser genannt, fordern Elemente des Netzes an, die von einer Server-Software, dem Webserver, zur Verfügung gestellt werden. Das WWW besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten: Einem Protokoll, einer Sprache und einem Adresssystem. Das für den Transfer der Inhalte im Netz verantwortliche Protokoll ist das Hypertext-Transfer-Protokoll (HTTP), welches den Verständigungsmechanismus zwischen Client-Software und Server-Software

regelt [TIS1997]. Die vorwiegend textbasierten Inhalte des Netzes liegen als Hypertext vor: Sie sind in einer eigens für das Web entwickelten Sprache verfasst, der Hypertext-Markup-Language (HTML) [HTM2006], die das auszutauschende Element bezüglich seines Aufbaus, Inhaltes, Formatierung und möglicher Verknüpfungen mit anderen Inhalten des Webs beschreibt. Das Auffinden der Elemente des WWW wird durch den Uniform Resource Locator (URL) geregelt, einem standardisierten Mechanismus, der die Ressourcen des Webs bezüglich des Orts und des Zugriffsmechanismus eindeutig identifiziert (siehe Abbildung 2.1).

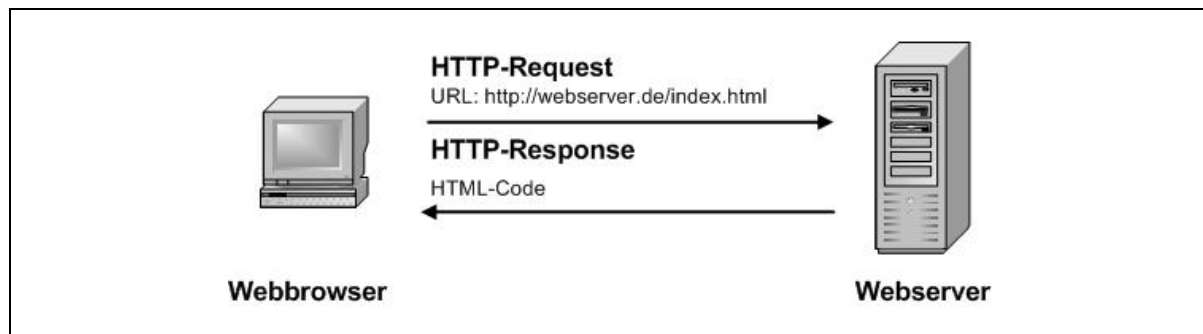


Abbildung 2.1: Kommunikationsmodell des World Wide Web

2.2.2 Datenverwaltung im Internet

Für die Übertragung der angeforderten Information einer Client-Software ist ein serverseitiger Dienst verantwortlich. Programme, welche diesen Dienst leisten, werden als Webserver bezeichnet. Diese liefern die angeforderte Ressource, welche durch die übertragene URL eindeutig vom Webserver identifiziert werden kann, an den Client zurück. Die Verwaltung der Ressourcen, welche der Webserver über das Internet zur Verfügung stellt, kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Im einfachsten Fall werden die Daten direkt vom Dateisystem verwaltet, das eine hierarchische Gliederung der Informationen durch das Erstellen von verschachtelten Verzeichnissen unterstützt. Bei den Daten handelt es sich hierbei vorwiegend um statische Daten wie zum Beispiel HTML-Seiten, Bilder und Graphiken. Die Verwaltung der Ressourcen durch das Dateisystem birgt den Vorteil, die Wartung und Pflege der Informationen einfach handhabbar zu machen: Inhaltliche Änderungen können direkt in der Datei vorgenommen werden oder durch eine neue Datei gänzlich ersetzt werden. Eine Erweiterung der im Netz angebotenen Ressourcen ist ohne eine aufwändige Einpflegeprozedur realisierbar, indem zusätzliche Dateien einfach in das entsprechende Verzeichnis kopiert werden.

Eine Alternative zur dateibasierten Verwaltung von Ressourcen im Internet stellt die Nutzung von Datenbanksystemen dar [KUH1999]. Als Datenbanksystem (DBS) wird ein Dienst bezeichnet, der die zu verwalteten Daten elektronisch organisiert. Es ist

als Softwareschicht zwischen dem Betriebssystem mit dem darin eingebundenen Dateisystem und der Anwendungssoftware, welche die Daten verarbeitet, eingebunden. Datenbanksysteme bestehen aus zwei Komponenten: Der Datenbank (DB), die den eigentlichen Datenspeicher repräsentiert und dem Datenbankmanagementsystem (DBMS), welches für die Verwaltung der Daten verantwortlich ist (siehe Abbildung 2.2).

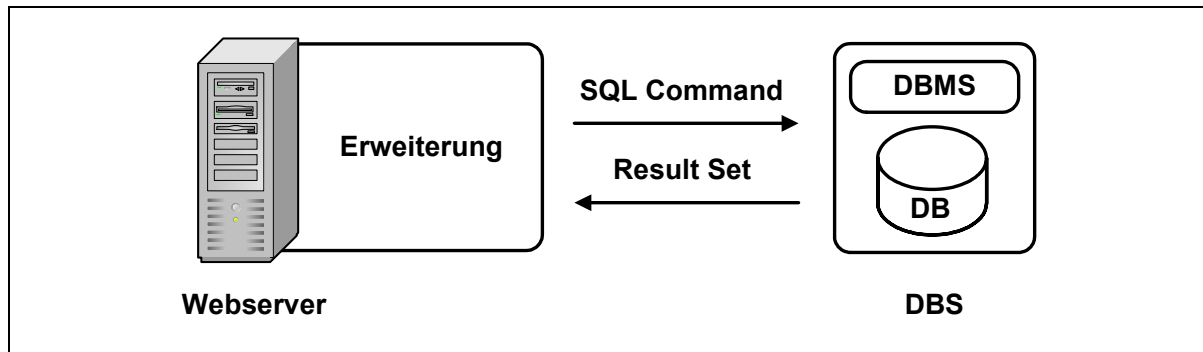


Abbildung 2.2: Datenverwaltung im Internet mit Datenbanksystemen

Datenbanksysteme haben den Vorteil, große Datenmengen speichern zu können und bieten verschiedene Funktionalitäten, beispielsweise das einfache Erstellen und Wiedereinpfelegen von Sicherungen des Datenbestandes. Der Zugriff auf die Daten erfolgt mittels einer Abfragesprache, über die ein Benutzer oder ein anderes Programm Daten auslesen, einpflegen oder modifizieren kann. Ein Hauptargument, welches für die Verwendung von Datenbanksystemen für die Bereitstellung von Informationen im Internet spricht, ist die oben angedeutete Möglichkeit, Daten vorzuhalten, die neben der Darstellung im Internet auch für andere Programme von Belang sind. Beispielsweise sei hier die Verwaltung eines Warenbestandes aufgeführt: Die Information über die Verfügbarkeit eines Produkts eines Unternehmens ist für interne Bereiche, beispielsweise die des Einkaufs und Verkaufs, maßgebend zur Planung der Geschäftsprozesse und wird in der Regel mit eigens dafür entwickelten Programmen verwaltet. Sind die Daten nicht programmintern gespeichert sondern in einer zentralen Datenbank abgelegt, ist die Erweiterung eines Internetauftritts des Unternehmens um eine Warenkorbfunktionalität einfach zu realisieren. Die Verfügbarkeitsinformation kann dynamisch in die über das Internet zugreifbare Produktpalette eingepflegt werden.

Die Möglichkeit, Information dynamisch zu generieren, spielt auch im E-Learning eine Rolle: Wissen wird zunehmend in feingranulare Wissensbausteine untergliedert und getrennt vorgehalten statt es seitenweise abzuspeichern. Beispiele für Wissensseinheiten sind Bilder, Texte geringen Umfangs sowie Definitionen, die bei Bedarf fachlich korrekt aneinandergereiht zur Anzeige gebracht werden aber auch getrennt voneinander darstellbar sind [GRU2003]. Die Notwendigkeit, Information in Form von

Wissenseinheiten vorzuhalten, ist vielseitig begründet: Ein Grund zur Generierung von Wissensbausteinen ist in der geforderten Unabhängigkeit des zum Einsatz kommenden Lernsystems zu finden. Modelle wie das Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [SCO2006] definieren hierfür Standards, in welcher Form Lerneinheiten zu beschreiben sind um diese zwischen verschiedenen Lernsystemen austauschbar zu machen. Wesentlicher Unterschied zur herkömmlichen Beschreibung von Inhaltskomponenten mittels HTML ist die Erweiterung der fachlichen Daten um computerlesbare Informationen bezüglich des Wissens selbst. Mittels Funktionalität der in Lernplattformen angebundenen Datenbanksysteme können hierin abgelegte Wissensbausteine schnell wieder aufgefunden und zu Lerneinheiten kombiniert werden.

Die Verwaltung des Wissens unter der Zuhilfenahme von Datenbanksystemen bietet viele Vorteile, unterstützt aber nicht den Prozess der Erstellung von Informationseinheiten, der sich durch die Nutzung von Standards wie beispielsweise SCORM verkompliziert hat. Abhilfe schaffen hier die unter dem Begriff Content Management Systeme (CMS) [CMS2006] bekannten Programme. Hierbei handelt es sich um Anwendungen, welche die Autoren bei der Erstellung, Bearbeitung und Organisation von zu publizierenden Dokumenten unterstützen. Als Softwareschicht regeln sie den Austausch der Daten zwischen den Benutzern und dem Datenbanksystem, auf dem die Informationen abgelegt sind. Die Möglichkeit, Inhalte in einfacher, textueller Form erstellen und diese zu einem späteren Zeitpunkt in unterschiedlichen Webformaten automatisiert zur Anzeige bringen zu können, macht den Einsatz von CMS-Systeme auch im E-Learning zu einer Alternative.

2.2.3 Die Datenaustauschsprache des World Wide Web

Der Austausch der Elemente des Netzes mittels der Auszeichnungssprache HTML ist für eine ansteigende Zahl von Anwendungsfällen im Internet unzureichend. Die Darstellung von Hypertext im Browser bleibt zwar als Standardanwendungsfall des Webs bestehen, wird aber durch eine Vielzahl neuer Anwendungsmöglichkeiten erweitert. Zum einen verarbeiten Anwendungen auf der Clientseite zunehmend Datensätze, die sich als HTML-Dokument nicht mehr abbilden lassen, zum anderen reicht es serverseitig nicht mehr aus, statische HTML-Seiten zu verwalten und bei Bedarf an einen Client zu übertragen.

Um die Austauschbarkeit von Elementen des Internets über Systemgrenzen hinaus zu realisieren, wurden proprietäre Datenaustauschformate in den vergangenen Jahren zunehmend durch die Datenaustauschsprache Hypertext Markup Language (XML) [XML2006], einer erweiterten Auszeichnungssprache, ersetzt. Im Gegensatz zu den meist binären Datenformaten älterer Anwendungen sind XML-Dokumente

sowohl maschinen- als auch menschlesbar. Der Inhalt des Dokumentes liegt in einer Baumstruktur vor, in der die Namen eines jeden Elementes des Baumes frei wählbar sind. Elemente können neben einem Text und Attributen auch Kindelemente beinhalten. Definierte Bezeichner zur Formatierung eines Dokumentes, wie sie in der Auszeichnungssprache HTML Verwendung finden, existieren in XML nicht, können aber in einem nachgeschalteten Arbeitsschritt bei Bedarf mittels Transformation hinzugefügt werden: Ein XML-Dokument, welches in einem Webbrowser als Hypertext angezeigt werden soll, kann durch die Verwendung der Programmiersprache Extensible Stylesheet Language Transformation (XSLT) [XSL2006], die ebenfalls in der XML-Syntax verfasst ist, in ein HTML-Dokument oder ein anderes browserkompatibles Format transformiert werden [HER2002]. Derzeit finden Transformationsprozesse, die XML-Dokumente zu browserkompatiblen Dokumenten umformen, vorwiegend auf dem Server statt. Die Verarbeitung eines XML-Dokumentes kann aber auch clientseitig durchgeführt werden. In diesem Fall wird das XML-Dokument mit allen Informationen an die Clientsoftware übertragen, welche dann das hierarchisch gegliederte Dokument mittels spezieller Software analysiert und weiterverarbeitet. Neben den gängigen Parsern, die zur Auswertung XML basierter Informationen zur Verfügung stehen, sei an dieser Stelle die Anfragesprache XML Path Language (XPath) [XPA2006] erwähnt, die zur Adressierung und Abfrage von Teilen eines XML-Dokumentes dient. Abbildung 2.3 zeigt den Mechanismus auf, um aus einem XML-Dokument durch Transformation mit XSLT ein HTML-Dokument zu erzeugen.

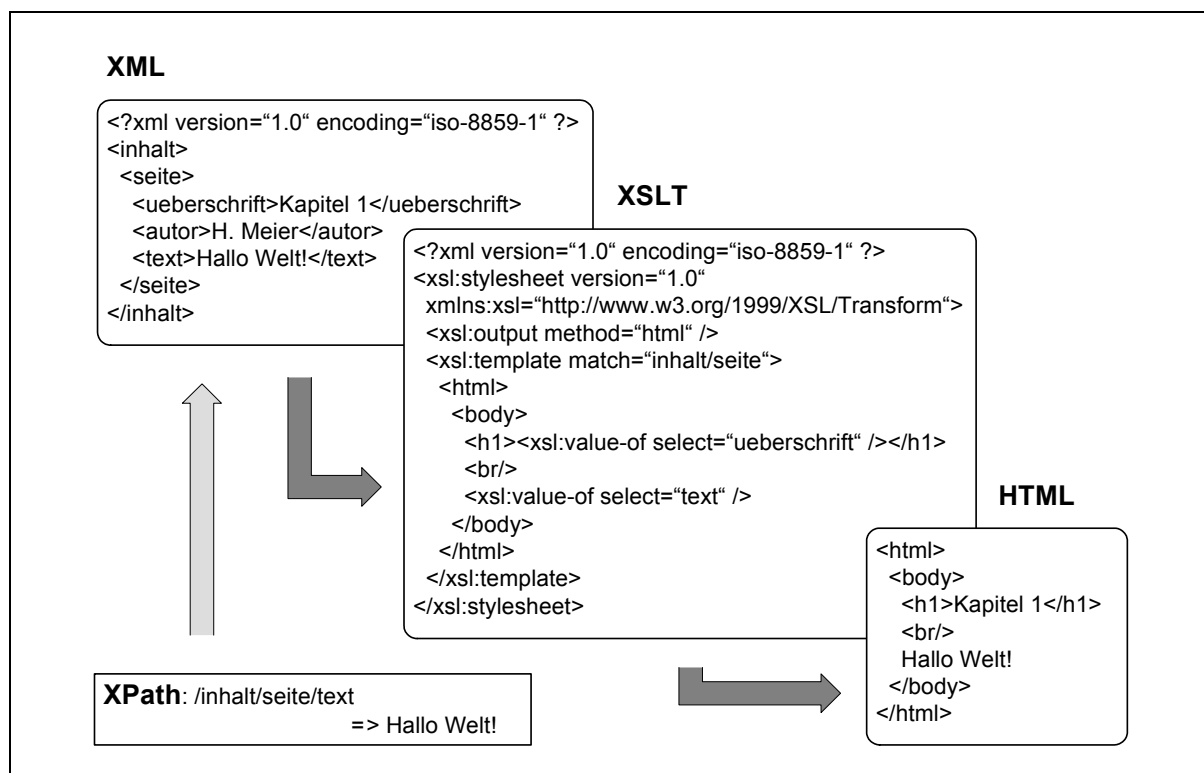


Abbildung 2.3: XML-basierte Technologien

Im E-Learning findet das Modell der clientseitigen Verarbeitung von XML-Dokumenten beispielsweise Anwendung durch die Integration von Software, die Simulationsprozesse abbildet und hierfür Daten heranzieht, die auf einem Server vorgehalten oder dynamisch generiert werden.

2.2.4 Webanwendungen

Webanwendungen bezeichnen Applikationen für das Internet und Intranet, die auf einem Webserver ablaufen, wobei die Interaktion mit dem System ausnahmslos über einen Webbrowser erfolgt. Sie erweitern die Funktionalität eines Servers um Eigenschaften, die zur dynamischen Generierung von Seiten, die im Browser zur Anzeige gebracht werden, erforderlich sind. Abbildung 2.4 zeigt die Funktionsweise einer klassischen 3-schichtigen Architektur einer Webanwendung auf: Der Webserver leitet einen eingehenden HTTP-Request an die Webanwendung weiter, die daraufhin unter Einbezug von Informationen aus einer Datenbank dynamisch HTML-Code generiert. Der erzeugte Code wird an den Webserver weitergegeben, der die Antwort als HTTP-Response an den Browser zurückschickt [AYE1999].

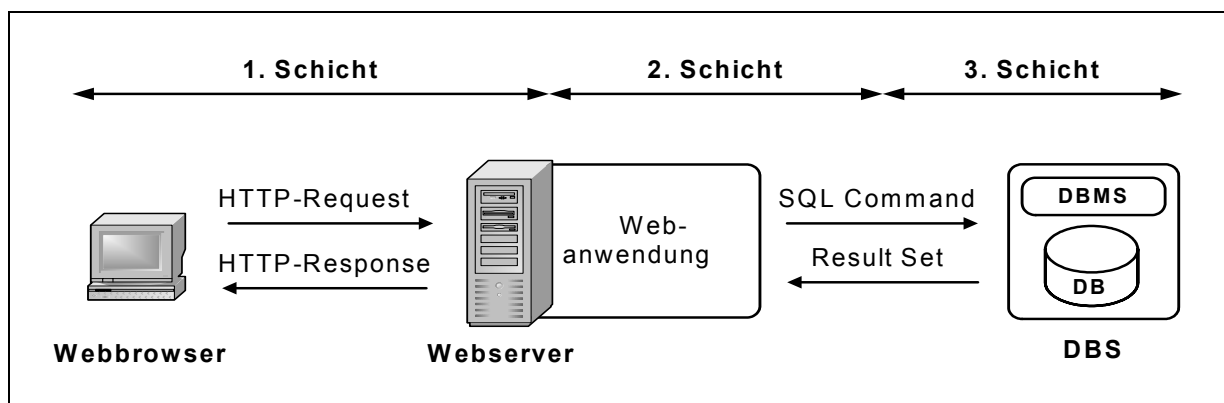


Abbildung 2.4: 3-Schichtige Architektur einer Webanwendung

Für die Implementierung von Webanwendungen steht eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Verfügung. Eine weit verbreitete Lösung für den Datenaustausch zwischen Webserver und serverseitigen Programmen ist die Nutzung des Common Gateway Interfaces (CGI) [CGI2006], welche aber, bedingt durch den hohen Ressourcenverbrauch und der damit verbundenen langsamen Ablaufgeschwindigkeit, mehr und mehr durch andere serverseitige Technologien ersetzt wird. Eine solche Technologie ist die der Java Servlets, die im weiteren Abschnitt genauer beschrieben wird [GOD1999].

Java Servlets sind Anwendungen, die in der Programmiersprache Java [JSE2006] entwickelt werden und auf dem Server ablaufen. Die hohe Verbreitung der Techno-

logie, die von der Firma Sun Microsystems [SUN2006] entwickelt wurde, ist vielfach begründet:

- Servlets werden in der Programmiersprache Java implementiert. Java ist im Vergleich zu C++ eine einfache, objektorientierte Sprache, die durch ihre Plattformunabhängigkeit auf annähernd allen Systemen lauffähig ist. Die positiven Merkmale objektorientierter Programmiersprachen, beispielsweise die Wiederverwendbarkeit des Programmcodes und die hohe Modularität der zu entwickelnden Software, trugen zur raschen Verbreitung von Java bei.
- Im Vergleich zu CGI-Programmen ist die Ablaufgeschwindigkeit höher bei geringerem Ressourcenverbrauch. Die Ursache hierfür liegt in der Tatsache, dass Servlets im Gegensatz zu CGI-Programmen Multithreading unterstützen: Anfragen verschiedener Benutzer können von einer Instanz eines Servlets bearbeitet werden, die zeit- und ressourcenintensive Generierung einzelner Prozesse entfällt.
- Java bietet einen mächtigen Funktionsumfang für die Entwicklung netzwerkbasierter Lösungen. Ergänzt werden diese durch so genannte Enterprise APIs, die Unterstützung in der Anbindung von Altsystemen bieten. Diese Tatsache trug dazu bei, dass sich die Programmiersprache Java mit ihren Erweiterungen sehr schnell in großen Unternehmen durchsetzte, die ihre alten Programme nicht durch neue ersetzen mussten. Ältere Bestandteile der Unternehmenssoftware konnten an neuentwickelte Software einfach angebunden werden, was im Gegensatz zur Neuprogrammierung immense Kosten einsparte.
- In Kombination mit anderen serverseitigen Technologien, die unter dem Begriff Java 2 Plattform Enterprise Edition (J2EE) [JEE2006] zusammengefasst werden, lassen sich mehrschichtige, verteilte Anwendungen entwickeln und umsetzen, die sich an gängigen Mustern der Softwareentwicklung orientieren. Als Beispiel sei hier das Model-View-Controller-Muster (MVC Pattern) aufgeführt, das eine Separierung der Komponenten Modell, Sicht und Steuerung aufzeigt [GAM2000]. Die klar definierten Grenzen der Verantwortlichkeiten ermöglichen eine unabhängige Implementierung der Komponenten durch unterschiedliche Teams, die sich lediglich an den definierten Schnittstellen orientieren müssen. Mitarbeiter können ihren Fähigkeiten entsprechend eingesetzt werden, beispielsweise werden Webdesigner an der Komponente der Sicht arbeiten und Datenbankexperten sich mit der Implementierung des Modells auseinandersetzen. Anwendungen, die auf diese Art und Weise entstehen,

zeichnen sich durch einen hohen Grad an Zuverlässigkeit und einer einfachen Wartung bei reduzierten Kosten aus.

- Die einfache Erweiterung um personalisierte Sitzungsdaten durch die Verwendung von Servlets ermöglicht eine Vielzahl neuer Möglichkeiten von Webanwendungen. Komplexe Ablaufsteuerungen, die hierdurch realisierbar sind, ermöglichen die Umsetzung von nichttrivialen Prozessen, die mit dem Webbrowser als Benutzerschnittstelle handhabbar sind.
- Servlets laufen in einem Servlet-Container, der für die Bearbeitung eines HTTP-Request verantwortlich ist. Servlet-Container-Erweiterungen existieren für alle gängigen Webserver und sind einfach zu integrieren. Mit Tomcat, einem Servlet-Container mit integriertem Webserver der Apache Software Foundation, existiert ein Open Source Server, der kostenfrei eingesetzt werden kann [BRI2003], [TOM2006]. Durch den geringen Ressourcenverbrauch eignet er sich hervorragend den Entwicklungsprozess einer Webanwendung zu begleiten, da er auf jedem Entwicklungsrechner installierbar ist. Nach Abschluss der Entwicklung der Anwendung kann er wahlweise als Produktivserver eingesetzt werden oder bei höheren Ansprüchen in den Apache Webserver integriert werden.

Abbildung 2.5 stellt die Interaktion zwischen Webbrowser, Webserver, Servlet-Containers dar: Ein eingehender HTTP-Request wird vom Webserver an ein bestimmtes Servlet im Servlet-Container weitergeleitet. Dieses verarbeitet die Anfrage und generiert dynamisch eine HTML-Seite, die als HTTP-Response an den Client zurückgegeben wird.

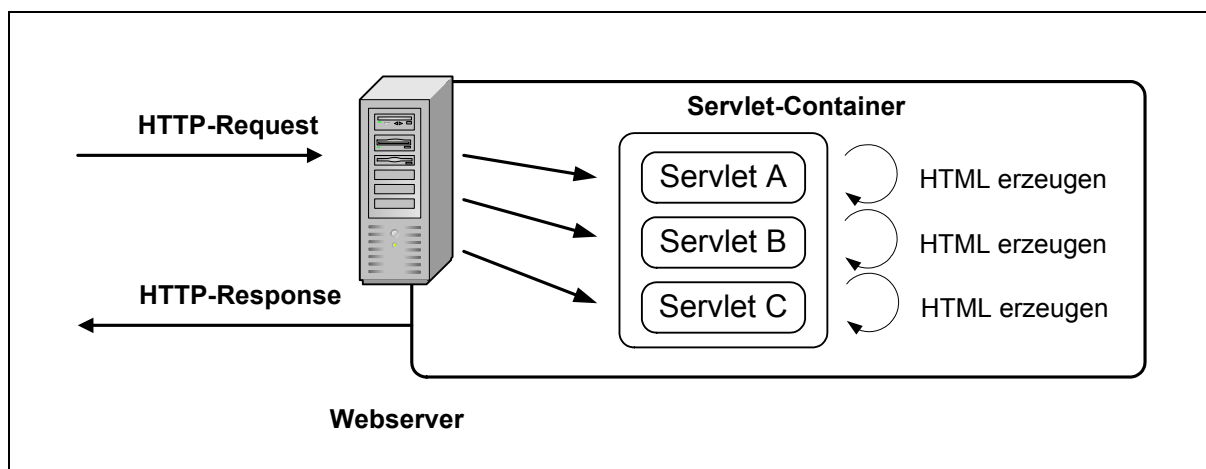


Abbildung 2.5: Realisierung von Webanwendungen mittels der Servlet-Technologie

Die abgebildete Funktionsweise lässt erkennen, dass es sich bei der Generierung einer Webseite mittels der Servlet-Technologie um einen ständig wiederkehrenden

Prozess handelt, dessen Handhabung sich je nach Einsatzgebiet der Webanwendung standardisieren lässt und in einer Rahmenanwendung, einem so genannten Framework, abgebildet werden kann. Frameworks für Webanwendungen wurden zeitgleich mit dem ersten Einsatz von servletbasierten Webanwendungen erschaffen, anfänglich nur für die innerbetriebliche Nutzung und später unabhängig von internen Geschäftsprozessen für die allgemeine Anwendung. Die folgenden Abschnitte stellen zwei der bekanntesten auf der Servlet-Technologie basierenden Rahmenanwendungen vor.

Struts

Das Jarkata Struts Framework ist eine Open Source Rahmenanwendung, das zu den bekanntesten Projekten der Apache Software Foundation zählt [CAV2003], [STR2006]. Die Rahmenanwendung basiert auf einer Model 2 Architektur, einer abgewandelten Model-View-Controller Architektur. Die auch als Action Framework bekannte Rahmenanwendung nutzt vorrangig die Servlet-Technologie in Kombination mit Java Server Pages (JSP). Java Server Pages stellen eine Erweiterung der Servlet-Technologie dar, werden allerdings nicht in Java codiert sondern durch Textdateien repräsentiert, die HTML-Code, XML-Elemente und Skript-Code enthalten. Der Ursprung der Entstehung dieser Technologie liegt in der Forderung nach einer einfacheren Generierung von dynamischen HTML-Seiten als es mittels der Servlets möglich war, die anfänglich neben der Steuerung der Webanwendung auch für die Erzeugung des HTML-Codes herangezogen wurden. Die Separierung der Aufgaben wird durch das umgesetzte MVC-Muster verdeutlicht: Das Servlet als Controller steuert den Ablauf der Anwendung, während die Java Server Page dafür zuständig ist, aus den Parametern des Modells, einer Java-Bean, die HTML-Ausgabe zu erzeugen.

Konkret lässt sich der Ablauf eines Request-Response-Zyklus im Struts Framework wie folgt erklären: Ein eingehender HTTP-Request wird von einem Servlet entgegengenommen, das in einem ersten Schritt die Gültigkeit des Aufrufes überprüft, bevor es diesen dann an den entsprechenden für die Bearbeitung der Anfrage zuständigen Prozess weiter delegiert. Der initiierte Prozess stellt eine Verbindung zur Geschäftslogik her, die gegebenenfalls Daten zurückliefert. Die zur Anzeige zu bringenden Daten werden in einem Java-Bean abgelegt, welches von der im nächsten Schritt aufgerufenen Java Server Page ausgelesen und zu HTML-Code umgesetzt werden kann.

Neben der für den Entwickler eingängigen MVC-Architektur des Frameworks und der damit verbunden realisierbaren Arbeitsteilung im Entwicklerteam trägt das Framework aufgrund seiner Konfigurierbarkeit des Arbeitsflusses dazu bei, Webanwendun-

gen schnell zu erstellen: Die abzubildende Folge von Prozessen wird nicht im Quellcode verankert, sondern in Textdateien extern abgebildet. So können Webanwendungen, die mit dem Struts Framework realisiert wurden, auch von Personen erweitert und gewartet werden, die nicht von Beginn an mit der Entwicklung der Anwendung beschäftigt waren.

Cocoon

Neben Struts existiert mit Cocoon ein weiteres servletbasiertes Framework zur Erzeugung von Webanwendungen, das als Open Source Produkt von der Apache Software Foundation zur Verfügung gestellt wird [LAN2003], [COC2006]. Der Fokus des Cocoon Frameworks liegt in der Generierung von webkompatiblen Formaten, die in den verschiedensten netzwerkbasierenden Anwendungen und Geräten zur Ansicht gebracht werden. Das Erzeugen der verschiedenen Ausgabeformate erfolgt dabei immer auf der Grundlage der gleichen Information, die als XML-Datei zugrunde liegt. Wie auch das Struts Framework setzt das Cocoon Framework das MVC-Muster um, nutzt hierfür jedoch - abgesehen von einem Servlet, das zur Interaktion zwischen Webserver und Cocoon dient - eine abweichende Vorgehensweise und andere Technologien: Der Prozess, webkompatible Ausgabeformate zu generieren, wird vorwiegend durch die Nutzung von Techniken, die auf der XML-Technologie basieren, realisiert. Mit Hilfe der XSLT-Technologie werden die zugrunde liegenden XML-Dateien in einer Transformationspipeline zum gewünschten Ausgabeformat umgewandelt. Bedingt durch die enge Bindung an XML wird Cocoon auch als XML-Publishing-System bezeichnet [NIE2004].

Cocoon mit seinen Eigenschaften, die Erstellung und Bearbeitung von Multimedia-Dokumenten zu unterstützen sowie diese zu organisieren, lässt eine Einordnung als Content-Management-System oder als Portal-System zu.

2.2.5 Internetgestützte Anwendungen

Webanwendungen, die nach Definition vom Benutzer über einen Browser bedient werden, schränken die Interaktion zwischen Mensch und Anwendung stark ein. Bedingt durch den Request-Response Zyklus im statuslosen Netz lassen sich nur schwerlich Programmabläufe realisieren, die mit Standardprogrammen, die auf einem Rechner installiert werden, vergleichbar sind. Lösungsansätze des Problems bestehen in den Technologien der Web-Services und der Rich Internet Applikations, die nicht selten in Kombination auftreten. Während Web-Services die Erweiterung der Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Client- und Serverprogrammen im Internet in den Vordergrund stellen, fokussieren Rich Internet Applikationen das Benut-

zerinterface clientseitiger Anwendungen und der damit verbundenen Programmlogik, die vom Webserver auf den Clientrechner übertragen wird.

Web-Services

Ein Web-Service [WBS2006] beschreibt eine serverseitige Funktionalität, die über das Internet abgerufen werden kann. Die Kommunikation wird realisiert durch die Nutzung internetbasierter Protokolle und Technologien. Die vorrangige Verwendung von HTTP als Kommunikationsprotokoll und XML als Datenbeschreibungssprache spiegelt sich in der Bezeichnung *XML over HTTP* wieder, mit der Web-Services oftmals bezeichnet werden [SNE2002]. Die Verwendung eines nicht proprietären Formates erlaubt den Austausch von Nachrichten unabhängig von dem Betriebssystem, auf welchem der Service angeboten beziehungsweise genutzt wird. Web-Services können in einer beliebigen Programmiersprache entwickelt werden und auf den verschiedensten Systemen über einen Webserver bereitgestellt werden, die Interoperabilität ist durch die über den Server angebotene Schnittstelle des Web-Services gewährleistet.

Daten, die über einen Web-Service abgerufen werden können, dienen nicht zur direkten Anzeige in einem Webbrowser. Informationen, die von einem Web-Service geliefert werden, sind in einem XML-Dokument verpackt, die von der Clientanwendung zuvor ausgelesen werden müssen. Zur Standardisierung dieses Prozesses ist es notwendig, die auszutauschenden XML-Dokumente nach einem bestimmten Schema zu beschreiben, was durch das Simple Object Access Protocol (SOAP) [SOA2006] gewährleistet werden soll. SOAP als Protokoll beschreibt nicht nur die zur Anwendung kommenden internetbasierten Protokolle und Standards, es gibt auch eine Strukturierung der auszutauschenden Nachricht vor und wie plattformspezifische Daten in XML codiert werden müssen, um die geforderte Interoperabilität gewährleisten zu können. Nachrichten, die mittels SOAP ausgetauscht werden, sind unterteilt in einen Header- und Body-Bereich. Im optionalen Header-Bereich der Nachricht werden Metainformationen abgelegt, die beispielsweise die Transaktionszugehörigkeit beschreiben oder Informationen über eine eventuell genutzte Verschlüsselung der Daten liefern, wobei letzteres eine nicht unerhebliche Rolle spielt, da die auszutauschenden Informationen lesbar sind. Die eigentlichen Daten, die zwischen der Client- und der Serverapplikation ausgetauscht werden, finden sich im Body-Bereich. Da es sich bei Web-Services vorrangig um entfernte Methodenaufrufe handelt, sind typische Informationen der anfragenden Clients der Name der auszuführenden Methode inklusive der Parameter, die hierfür übergeben werden müssen. Die Antwort des verarbeitenden, serverseitigen Prozesses beinhaltet daraufhin den Rückgabewert inklusive Typbezeichnung der Methode.

Rich Internet Applications

Der Begriff Rich Internet Applications bezeichnet Programme, die über das Internet herunter geladen werden können. Sie kennzeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass ihr Erscheinungsbild nicht durch die Browsertechnologie eingeschränkt wird. Das Benutzerinterface ähnelt dem bekannter, installierbarer Programme, was zu einer intuitiven Bedienung solcher Applikationen beiträgt. Ein weiterer Unterschied zu Standard-Webapplikationen ist die clientseitige Implementierung von Funktionalität und Programmlogik. Diese kann komplett oder nur teilweise auf dem Clientrechner umgesetzt werden. Ein Beispiel für Anwendungen, deren Funktionalität vollständig auf den Clientrechner übertragen wird, sind klassische Flash Animationen und Java Applets. Durch das Vorhalten der Funktionalität auf dem Clientrechner ist eine flüssigere Bedienbarkeit solcher Programme möglich, da Benutzereingaben direkt verarbeitet werden können und nicht an einen Request-Response Zyklus gebunden sind.

Ein Großteil derzeitiger webbasierter Neuentwicklungen kombiniert die Vorteile von Rich Internet Applikationen mit den Möglichkeiten, die durch die Verwendung der Web-Service Technologie zur Verfügung stehen: Das Benutzerinterface und die Programmlogik der Anwendung werden vollständig clientseitig umgesetzt, wohingegen die Funktionalität sowohl auf dem Client als auch auf einem Server implementiert wird. Die Einbindung serverseitiger Informationen und Methoden in der Clientanwendung wird durch die Nutzung von Web-Services realisiert.

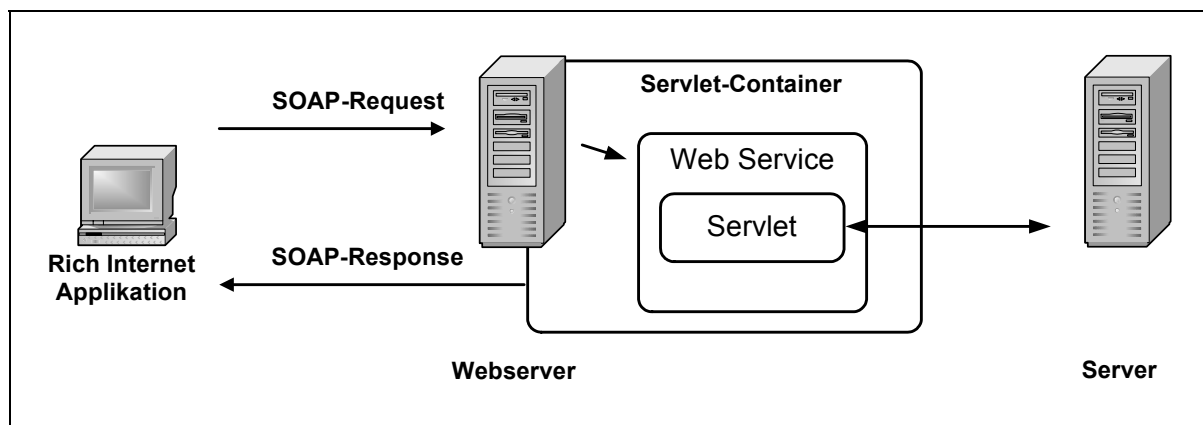


Abbildung 2.6: Kombierter Einsatz von Rich Internet Applikationen und Web-Services

Wie in Abbildung 2.6 dargestellt, werden Web-Services oftmals mittels der Servlet-Technologie implementiert. Eingehende SOAP-Requests werden vom Webserver an einen Web-Service delegiert, der die Anfrage bearbeitet. Hierbei kann die Funktionalität durch einen anderen Server abgebildet werden, der über das Servlet in Kombi-

nation mit entsprechenden Erweiterungen die Information liefert. Das Ergebnis wird als SOAP-Response an die anfragende Applikation übermittelt.

2.2.6 Kommunikationsmöglichkeiten der Internetbenutzer

Ein maßgeblicher Erfolgsfaktor des Internet liegt neben dem Zugriff auf Informationen in der digitalen Kommunikationsmöglichkeit, die durch das Netz ermöglicht wird. Die in elektronischen Lernumgebungen vorwiegend genutzten Kommunikationskomponenten sind E-Mail, Foren und Chats [TIS1997].

E-Mail

E-Mail-Systeme ermöglichen den digitalen Nachrichtenaustausch und stellen den meistgenutzten Dienst im Internet dar. Sie ermöglichen eine asynchrone Kommunikation der Internetnutzer in vorwiegend textueller Form, dessen Format fest vorgegeben ist. Zur Verwendung des Dienstes bedienen sich die Nutzer eines Mailclients, der das Lesen, Schreiben und Versenden von elektronischen Nachrichten ermöglicht. Über das Post Office Protocol Version 3 (POP3) kommunizieren die Clientapplikationen mit Mailservern, die für das Empfangen und Versenden der Nachrichten zuständig sind. Das hier zum Einsatz kommende Protokoll ist das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP).

Foren

Eine ebenfalls asynchrone Kommunikationsmöglichkeit im Internet wird durch die Nutzung von Foren ermöglicht. Im Gegensatz zur E-Mail, die vorwiegend zum bidirektionalen Austausch von Nachrichten genutzt wird, stehen Inhalte von Foren einer Vielzahl von Nutzern zur Verfügung. Die Inhalte von Foren sind vorrangig Diskussionsthemen, die entweder in einer Baumstruktur hierarchisch nach Unterthemen gegliedert abgebildet werden oder eine flache Darstellungsform aufweisen. Nutzer können Themen, vorrangig durch die Nutzung einer browserbasierten Benutzerschnittstelle, in Foren einstellen oder Beiträge zu existierenden Themen hinzufügen.

Neben der Nutzung der Foren als Diskussionsplattform werden diese oftmals dazu genutzt, Fragen an eine breite Nutzergemeinschaft zu stellen, welche diese dann beantworten kann. Vorteil einer derartigen Verwendung ist, dass alle Fragen und zugehörigen Antworten für eine lange Zeit über das Internet zur Verfügung stehen, so dass sich eine Wiederholung von gleichen Fragestellungen vermeiden lässt.

Foren stellen die am häufigsten verwendete Kommunikationsmöglichkeit im E-Learning dar. Die Einbindung moderierter Foren wird genutzt, um Aspekte des

selbstständigen Lernens zu befriedigen: Durch die gezielte Frage- und Hilfestellung eines Moderators werden die Lerner befähigt, sich Wissen eigenständig anzueignen.

Chat

Chats realisieren eine synchrone Kommunikationsmöglichkeit im Internet in vorwiegend textueller Form. Die Kommunikation wird durch die Bereitstellung spezieller Clientsoftware ermöglicht, die ein gleichzeitiges Lesen und Schreiben von Kurzmitteilungen unterstützt. Die Organisation des Nachrichtenaustausches der beteiligten Personen wird durch Serveranwendungen geregelt, die im Gegensatz zu Foren die ausgetauschten Mitteilungen nicht mitprotokollieren.

Im E-Learning können Chats zur Realisierung von Online-Sprechstunden herangezogen werden: Zu einer vorgegebenen Zeit bieten Tutoren sich im so genannten Chatroom an, um Fragen der Lerner ohne Zeitverzögerung zu beantworten. Neben dem genannten Punkt der Zeitersparnis ist ein weiterer Vorteil dieser Kommunikationsmethode darin zu sehen, dass der Informationsaustausch in der Form von Frage-Antwort zwar bidirektional initiiert ist, aber von mehreren Lernern verfolgt und bei Bedarf erweitert werden kann.

3 Anforderungsanalyse elektronischer Lernsysteme für die Aus- und Weiterbildung im Bauwesen

3.1 Einleitung

Die Basis des entwickelten Modells für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren bildet die Anforderungsanalyse, die sich in verschiedene Teilanalysen untergliedert. Abbildung 3.1 zeigt die vorrangig betrachteten Analyseaspekte und deren Abhängigkeiten untereinander auf, deren Ergebnisse in den folgenden Abschnitten erläutert werden.

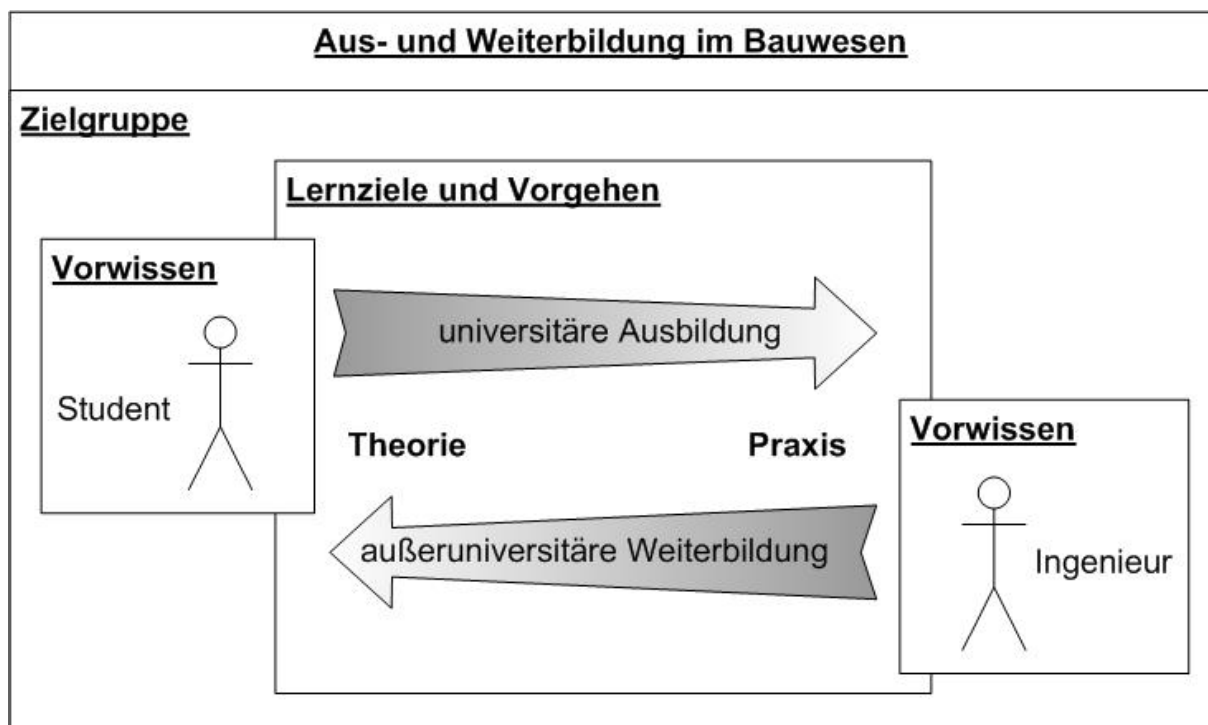


Abbildung 3.1: Aspekte der Anforderungsanalyse für die Aus- und Weiterbildung im Bauwesen

Im ersten Teil der durchgeführten Analyse werden die Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung im Bauwesen unabhängig von multimedialen Technologien ermittelt, bevor im zweiten Teil der Analyse die Ansprüche an eine elektronische Lernumgebung ermittelt werden, die eine Umsetzung der im ersten Teil ermittelten allgemeinen Anforderungen ermöglicht.

3.2 Allgemeine Anforderungsanalyse

3.2.1 Zielgruppe

Die Zielgruppenanalyse liefert zwei Personengruppen als zukünftige Anwender der Lernumgebung. Eine Anwendergruppe wird von Studenten repräsentiert, die andere

von Ingenieuren. Während sich die Zielgruppe der Studenten im Bezug auf das Vorwissen und der zu erreichenden Lernziele als eine relativ homogene Lernergruppe darstellt, unterscheiden sich diese Eigenschaften der Individuen der Lernergruppe von Ingenieuren zum Teil erheblich: Ein unterschiedlicher Grad von Vorwissen der Ingenieure, den unter Umständen differierenden von Ingenieuren verfolgten Lernzielen und nicht zuletzt das unterschiedliche Alter der Lerner bedarf einer genauen Betrachtung in den weiteren Bereichen der Analyse.

3.2.2 Lernziele und Vorgehen

Die Lernziele der Studenten werden durch das Curriculum des Studienganges vorgegeben. Es definiert die zu vermittelnden theoretischen Grundlagen, die für die praxisorientierte Anwendung erforderlich sind. Neben den Lehrzielen beschreibt es den Ablauf des Lehr- und Lernprozesses zur Zielerlangung. Der Ablauf ingenieurtechnischer Studiengänge lässt sich in der Regel in zwei Stufen unterteilen (siehe Abbildung 3.2):

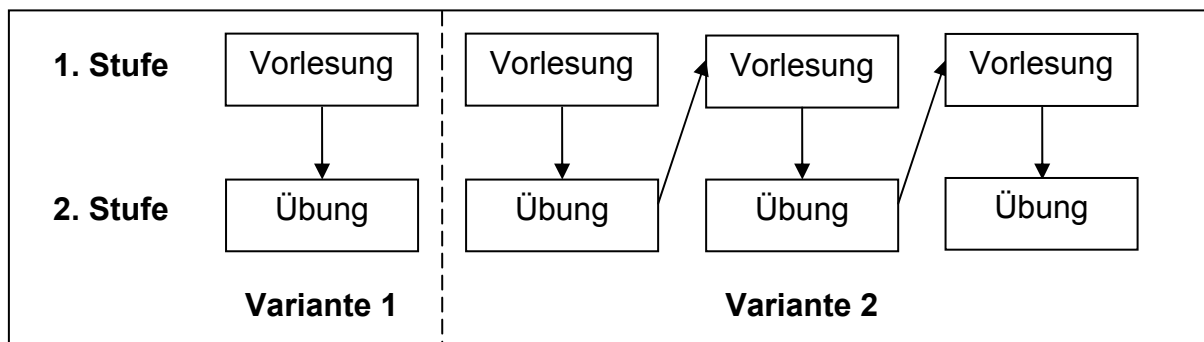


Abbildung 3.2: Varianten der Sequenzierung in der studentischen Ausbildung

Die in der 1. Stufe gehaltenen Vorlesungen des Lehrers dienen der Wissensvermittlung, die Vertiefung des Wissens durch die Anwendung in konkreten Beispielszenarien erfolgt in der 2. Stufe. Hierbei kann die Sequenz von Vorlesung und Übung in zwei Varianten erfolgen: In der ersten Variante wird die Wissensvermittlung abgeschlossen bevor der Übungsteil beginnt, wohingegen in der zweiten Variante Vorlesungen und Übungen im Wechsel stattfinden. Die Übungen der zweiten Variante sind im Gegensatz zur abschließenden Übung der ersten Variante von geringerem Umfang. Sie dienen oftmals mehr der grundlegenden Verständnisvermittlung als die praxisorientierte Anwendbarkeit des Wissens aufzuzeigen. Um diesen wichtigen Aspekt der Ingenieurausbildung dennoch zu berücksichtigen, finden sich nicht selten komplexe Projektarbeiten im Anschluss der Lehre nach Variante 2 wieder, welche die universitäre Wissensvermittlung zu einem 3-stufigen Lehr- und Lernprozess ausweiten.

Das 3-Stufen-Modell deckt alle für das Ingenieurwesen notwendigen Arten des Wissens ab: Das in der ersten Stufe vermittelte deklarative Wissen deckt die Grundlagen und Zusammenhänge ab, die für das Verständnis erforderlich sind. Die anschließende Vermittlung von prozeduralem Wissen erläutert die Vorgehensweise, wie das zuvor vermittelte Wissen anzuwenden ist. In der letzten Stufe wird das konditionale Wissen vermittelt, welches dem Lerner aufzeigt, wann bestimmte Prozeduren zur Anwendung kommen.

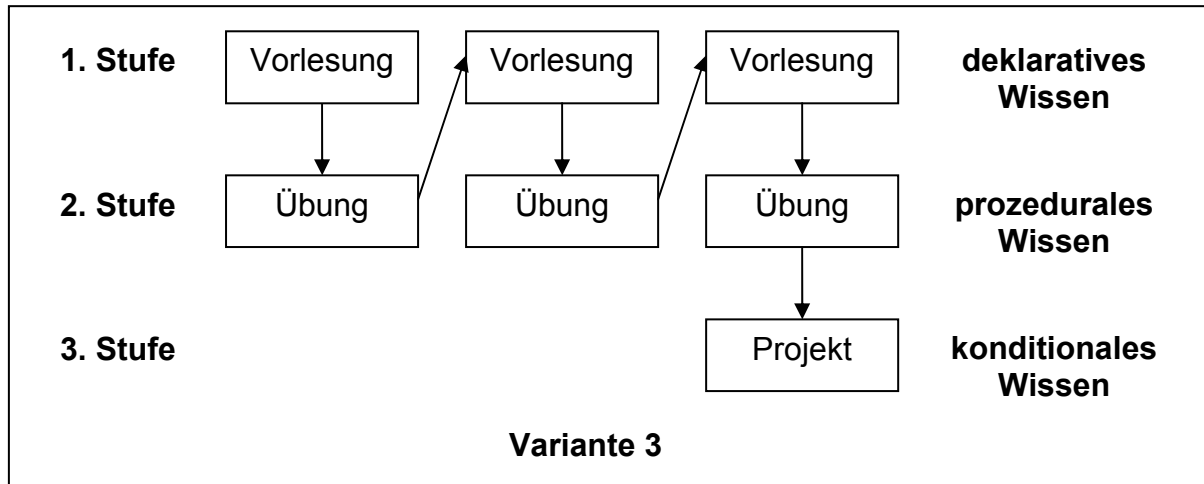


Abbildung 3.3: Das 3-Stufen-Modell der studentischen Ausbildung

Im Gegensatz zur universitären Ausbildung, in der Studenten von der Theorie hin zur Praxis ausgebildet werden, orientiert sich die außeruniversitäre Ausbildung oftmals in umgekehrter Reihenfolge. Aus der Praxis motiviert ergeben sich neue Themen, die, bedingt durch neue Verordnungen und Normen, aber auch um die Konkurrenzfähigkeit am Markt aufrechterhalten zu können, erarbeitet werden müssen. Hierbei steht die Anwendung im Vordergrund. Theoretische Grundlagen sind nur sekundär von Interesse, müssen aber bei Bedarf abrufbar sein. Trotz der anwendungsorientierten Lernzielvorgabe ist der für die studentische Ausbildung beschriebene Ablauf des Lehr- und Lernprozesses auch für die Weiterbildung von Ingenieuren anwendbar, lediglich die Wichtung zwischen theoretischer Grundlagenvermittlung und praxisorientierter Anwendung variiert.

3.2.3 Vorwissen

Während bei der studentische Lernergruppe von einem homogenen Vorwissen auszugehen ist, kann bei der Lernergruppe von Ingenieuren nicht von einem gleichen Wissensstand ausgegangen werden, was in der Vorgehensweise der Wissensvermittlung berücksichtigt werden muss. Zur weiteren Analyse der anzuwendenden Vorgehensweise ist es notwendig, zwischen den Lernzielen, die der Lerner anstrebt, zu differenzieren. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Lernzielen identifizieren:

1. Einarbeitung in eine neue Thematik
2. Weiterbildung in einem bekannten Umfeld

Eine Einarbeitung in eine für den Lerner neue Thematik beschränkt den Nutzen des Vorwissens beträchtlich. Es spielt lediglich in der Fähigkeit des Wissenstransfers durch Assoziation eine Rolle, welche sich auf den Lernprozess positiv auswirken kann. Die Steuerung der Lehr- und Lernprozesse ist in diesem Fall den bewährten Methoden der Lehrstoffvermittlung der studentischen Ausbildung gleichzusetzen. Eine Weiterbildungsmaßnahme in einem für den Ingenieur bekannten Umfeld hingegen kann sich eine geänderte Vorgehensweise als effizienter erweisen. Mit dem Fokus der Erweiterung von konditionalem und prozeduralem Wissen bieten sich Ablaufmodelle zur Wissensvermittlung an, die nicht dem der studentischen Wissensvermittlung gleich sind. In Abbildung 3.4 sind zwei mögliche Szenarien abgebildet: Auf der Grundlage einer gegebenen Problematik wird die Fortbildung in Form eines Workshops abgehandelt. Das erste Szenario geht von der Problemstellung direkt in die Anwendung über (1a). Notwendiges deklaratives Wissen wird parallel zum Vorgehen vermittelt (1b). Die Vermittlung des Wissens im Kontext der praxisorientierten Anwendung erleichtert die Aufnahmefähigkeit beim Lerner, es wird zum Teil unbewusst aufgenommen. Das zweite Szenario geht ebenfalls von einer konkreten Problemstellung aus. Im Gegensatz zum ersten Szenario liegt der Fokus nicht in der Anwendungsvermittlung, sondern in der Vermittlung des notwendigen Hintergrundwissens (2a), das den Lerner dazu in die Lage versetzen soll, eigenständig das Neuerlernte anwenden zu können. Um den Prozess der eigenständigen Anwendung zu unterstützen, können optional Beispielrechnungen vom Lehrer vorgeführt werden (2b).

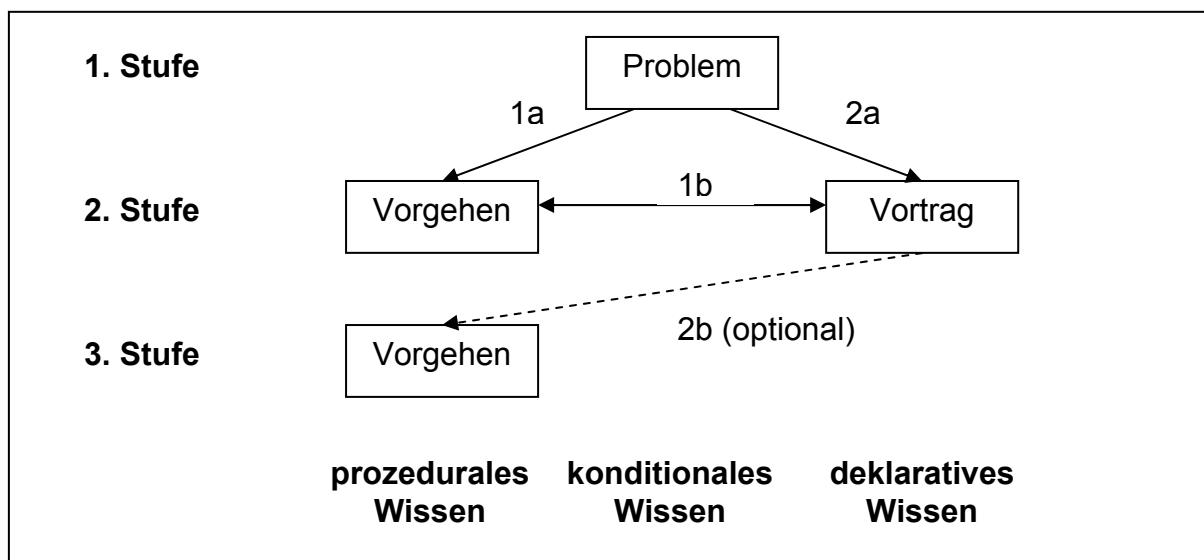


Abbildung 3.4: 3-Stufen-Modelle der beruflichen Weiterbildung

Weiterbildungsmaßnahmen, die nach dem oben geschilderten Verfahren durchgeführt werden, müssen das notwendige Vorwissen explizit ausweisen, um die mit der Fortbildung verknüpften Lernziele beim Lerner erreichen zu können.

3.3 Analyse der elektronischen Umsetzung allgemeiner Anforderungen

Der folgende Abschnitt geht auf die an eine elektronische Lernumgebung zu stellenden Anforderungen ein, die sowohl zur universitären Ausbildung als auch für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren herangezogen werden kann. Sie ist untergliedert nach den im allgemeinen Abschnitt identifizierten verschiedenartigen Aspekten der Wissensvermittlung.

Deklarative Wissensvermittlung

Wie zuvor erwähnt, dient der Teil der deklarativen Wissensvermittlung vorrangig der Grundlagenvermittlung. In elektronischen Lernumgebungen erfolgt dies primär in textueller Form, welche durch die Einbindung multimedialer Elemente angereichert wird. Die Forderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Inhalte müssen vollständig sein. Vorwissen, das in unmittelbarem Kontext mit dem zu vermittelnden Wissen steht, muss verfügbar sein. Wenn es in der Lernumgebung nicht bereitgestellt wird, sind entsprechende Verweise einzubinden, die zu den benötigten Informationen führen.
- Nach Möglichkeit sind die zu vermittelnden Inhalte kontextgebunden vorzuhalten. Praxisbezüge, die in Präsenzveranstaltungen durch den Lehrer hergestellt werden, sind äquivalent abzubilden, beispielsweise durch die Integration von Bild- und Videomaterial.
- Die Inhaltliche Strukturierung muss für den Lerner transparent sein. Die Navigation im Inhaltsbereich entsprechend einfach.
- Um das angebotene Wissensmaterial in unterschiedlichen Lernszenarien und Lernmodellen nutzbar zu machen, ist eine feingranulare Gliederung der Wissensseinheiten durchzuführen.
- Zur Selbsteinschätzung des Lerners ist nach jeder Sequenz einer deklarativen Wissensvermittlung eine Überprüfungsmöglichkeit vorzusehen, die automatisiert Fragen bezüglich des Inhaltes stellt. Die Auswertung der Fragen ist ohne Zeitverzögerung dem Lerner zur Verfügung zu stellen.

Prozedurale Wissensvermittlung

Die Lernumgebung muss in der Lage sein, Übungen der Präsenzlehre abbilden zu können. Um die Tutorfunktionalität elektronisch abbilden zu können, sind die nachfolgenden Punkte von belang:

- Der Lerner muss aktiv in die Phase der Anwendung des Wissens eingebunden werden. Die Interaktionsmöglichkeit mit dem System ist so hoch wie möglich zu realisieren.
- Die Übungen müssen im Kontext mit dem zuvor vermittelten deklarativem Wissen stehen. Nach Möglichkeit ist für jede Sequenz der deklarativen Wissensvermittlung eine Übung vorzuhalten.
- Die notwendigen Prozesse der Rückkopplung im Bereich der Übungssteuerung sind zu implementieren. Fehlerhafte Eingaben des Lerners sind vom System entsprechend ihrer Ursache zu identifizieren und dem Lerner durch die Darbietung entsprechender Informationen plausibel zu machen. Zu unterscheiden sind hierbei Fehler, die durch falsche Bedienung der Lernumgebung hervorgerufen werden oder ihre Ursache in der fehlerhaften Interpretation des zuvor vermittelnden Wissens finden.
- Die zur Durchführung von Übungen erforderlichen mathematischen Methoden sind durch die Integration entsprechender Technologien elektronisch abzubilden.
- Die integrierten Übungen sollen eine hohe praxisrelevante Orientierung haben, um dem Lerner als Hilfsmittel für die Vorbereitung auf die berufliche Tätigkeit dienen zu können. Hierfür notwendige Simulations- und Applikationsmodule sind in die Übungsszenarien einzubeziehen. Die integrierten Module müssen intuitiv bedienbar und selbsterklärend sein. Selbsterklärend bedeutet in diesem Zusammenhang, dass dem Lerner Benutzungsanleitungen zur Verfügung gestellt werden, welche die Handhabung des Moduls auf einfache Weise erläutern.

Konditionale Wissensvermittlung

Die konditionale Wissensvermittlung erfordert einen hohen Grad realitätsnaher Abbildung von Problemen durch das Lernsystem. Sie bedingt die Vollständigkeit des Wissens, welches zur Anwendung kommt. Erweiterungen, welche die Kommunikation und die Dokumentation gewährleisten, sind in der Lernumgebung zu integrieren.

Neben den Anforderungen bezüglich der unterschiedlichen Aspekte der elektronischen Wissensvermittlung sind in diesem Zusammenhang ebenfalls die Anforderungen an die elektronische Lernumgebung selbst zu analysieren. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

Technische Anforderungen

Die Aus- und Weiterbildung mittels multimedialer Technologien stellt insbesondere für ältere Lerner eine Herausforderung dar, die sich nicht selten als zu groß erweist. Zur Überwindung der Schwierigkeiten, die vorrangig zu Beginn der neuen Lehr- und Lernmethode auftreten, sind folgende Punkte von Relevanz:

- Die Lernumgebung muss sich in einem vertrauten Bild darstellen. Der Einsatz bekannter Komponenten, wie beispielsweise dem Webbrowser als vorrangige Benutzerschnittstelle zur Darstellung von Inhalten, erleichtert den Umgang mit dem System.
- Im Lernsystem integrierte Simulationen und Applikationen müssen eine allgemeingültige Bedienung realisieren, um den Lernaufwand, der mit der Einarbeitung in die Komponenten verbunden ist, zu minimieren. Das Erscheinungsbild der Komponenten ist ebenfalls aufeinander abzustimmen.
- Ein geeignetes Hilfe-Konzept ist in der Lernumgebung zu integrieren.
- Das Lernsystem muss stabil ablaufen. Fehlfunktionen und Systemabstürze stellen ein Hauptkriterium dar, das zum vorzeitigen Abbruch der elektronischen Weiterbildungsmaßnahme führt.
- Hohe Antwortzeiten der Lernumgebung, bedingt durch zu hohen und permanenten Datentransfer über das Internet, wirken sich demotivierend auf das Lernverhalten des Lernalers aus. Geeignete Technologien, welche diesen Sachverhalt minimieren, sind vorzuziehen.
- Dem Lerner ist Unterstützung in personeller Form zu gewährleisten. Die Kontaktaufnahme mit den entsprechenden Personen kann über das System abgewickelt werden, aber auch herkömmliche Kommunikationsmöglichkeiten müssen angeboten werden.

4 Entwurf eines situationistischen Modells für die elektronische Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren

4.1 Einleitung

Das „Situationistische Modell für die elektronische Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren“ beschreibt ein didaktisches Modell, das sowohl die universitäre Ausbildung von Studenten als auch die außeruniversitäre Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren unterstützt. Es basiert auf den in Kapitel 2 erläuterten Lerntheorien und den daraus entstandenen Modellen, die in Kombination zur Anwendung kommen. Das entwickelte Modell folgt maßgeblich der Theorie des situierten Lernens [SIT2006], welches das Lernen in einem situativen Kontext in den Vordergrund stellt und das Entstehen von Wissen als einen aktiven Konstruktionsprozess beschreibt.

Nach der Erläuterung der technischen und inhaltlichen Randbedingungen des entwickelten Modells werden in den folgenden Abschnitten die dem entwickelten Modell zugrunde liegenden Analysen und Designentscheidungen erläutert, die ihre Ausprägung in einem situationistischen 3-Stufen-Modell für die elektronische Aus- und Weiterbildung im Bauingenieurwesen finden.

4.2 E-Learning im Bauwesen

Das entwickelte Modell zur Unterstützung der Lehr- und Lernprozesse dient nicht der allgemeinen Umsetzung sondern orientiert sich zum einen an den technischen Möglichkeiten, die im E-Learning zum Einsatz kommen und zum anderen an der fachlichen Ausrichtung des im konstruktiven Ingenieurbau zu vermittelnden Lehrstoffes. Die dem Modell zugrunde liegenden Randbedingungen werden nachfolgend kurz dargestellt.

E-Learning

Obwohl die meisten didaktischen Modelle ohne Einbezug multimedialer Möglichkeiten entstanden sind, ist zu erkennen, dass die steigende Komplexität der entwickelten Modelle eng mit der technischen Entwicklung im Bereich der Computertechnologie in Zusammenhang steht. Die Erprobung der entwickelten didaktischen Modelle mittels computergestützter Lernumgebungen beschleunigte den Entwicklungsprozess von Lernmodellen, da eine Evaluation der postulierten positiven Effekte im Bezug auf das Lernverhalten der Lerner zeitnah erfolgen konnte. Der beschriebene frühzeitige Einsatz multimedialer Lernmethoden ist unstreitbar ein Faktor, der zur Entstehung und Ausbreitung von E-Learning beigetragen hat, wenngleich er auch

nur als sekundärer Erfolgsfaktor des E-Learning herangezogen werden kann. Als primäre Eigenschaften, die vermehrt den Einsatz elektronischer Lernumgebungen förderten, sind folgende Punkte anzuführen, die auch im Bezug zum entwickelten Modell für die elektronische Aus- und Weiterbildung im Bauwesen die ausschlaggebende Rolle spielen:

- Der Lerner ist frei in seiner Entscheidung, wann er sich den Lehrstoff aneignet. Unabhängig von der fachlichen Ausrichtung des elektronischen Lernangebotes ist im Gegensatz zur Präsenzlehre das verbesserte Zeitmanagement auf der Seite der Lerner ein wesentlicher Punkt, der den Einsatz multimedialer Lernumgebungen rechtfertigt.
- Das Lernen ist nicht an einen bestimmten Ort gebunden. Die Nutzung des Computers als Lernumgebung gestattet das Lernen an jedem Ort, der über eine entsprechende Infrastruktur verfügt.
- Zeitunabhängigkeit in Kombination mit Ortunabhängigkeit ermöglicht eine starke Reduzierung der Kosten auf Seiten der Lerner. Das Wegfallen von Arbeitszeitverlust und Reisekosten macht E-Learning im Umfeld der beruflichen Weiterbildung zu einer effizienten und kostengünstigen Variante notwendiger Fortbildung.
- Das Anreichern des Lehrstoffes durch multimediale Elemente in Form von Bildern, Videos, Simulationen und Anwendungen ermöglicht die Gestaltung von Lernszenarien, die durch ihre Vielfältigkeit das Verständnis fördern.
- Die Lernszenarien sind beliebig oft wiederholbar. Ein Informationsverlust aufgrund von Abwesenheit des Lernalters ist nicht möglich.

Bauwesen

Die fachliche Einschränkung auf die Belange des Bauwesens hat große Auswirkungen auf das entwickelte didaktische Modell. Durch den speziellen situativen Kontext der Lernumgebung gestalten sich Anforderungen an eine Lernplattform für das Ingenieurwesen hinsichtlich der zu erreichenden Lehrziele grundlegend anders als für Lernumgebungen, die beispielsweise im Bereich der Sozial- und Geisteswissenschaften zum Einsatz kommen. Die grundlegenden Unterscheidungsmerkmale sind zum einen in dem hohen Anteil mathematischer Methoden und zum anderen in der Forderung der direkten Anwendbarkeit des zu vermittelnden Wissens zu finden. Der letztgenannte Punkt findet zwar in den derzeitigen situationistischen Modellen Berücksichtigung, scheitert allerdings durch den zu allgemein gehaltenen Ansatz der

Modelle: Die Überführung von abstraktem Wissen hin zur Anwendbarkeit durch den Einsatz mathematischer Methoden wird nur unzulänglich abgehandelt.

4.3 Das 3-Stufen-Modell der elektronischen Wissensvermittlung

Das didaktische Design des situationistischen Modells zur elektronischen Wissensvermittlung ist vorrangig von der in der Anforderungsanalyse dargestellten 3-stufigen Wissensvermittlung der Präsenzlehre geprägt. Der dort verankerten Unterteilung der Lehre in Vorlesung, Übung und Projektarbeit wird im entwickelten Modell durch die Beibehaltung der drei unterschiedlichen Formen der Wissensvermittlung Rechnung getragen: Ausgehend von der deklarativen Wissensvermittlung der ersten Stufe, die den Inhalt der Vorlesungen widerspiegelt, wird der Lerner schrittweise in die Anwendung des zuvor vermittelnden Wissens eingeführt. Die Übungen und die Projektarbeit, die durch die Stufen zwei und drei repräsentiert werden, greifen hierbei auf Wissen zurück, welches zuvor vermittelt wurde (siehe Abbildung 4.1).

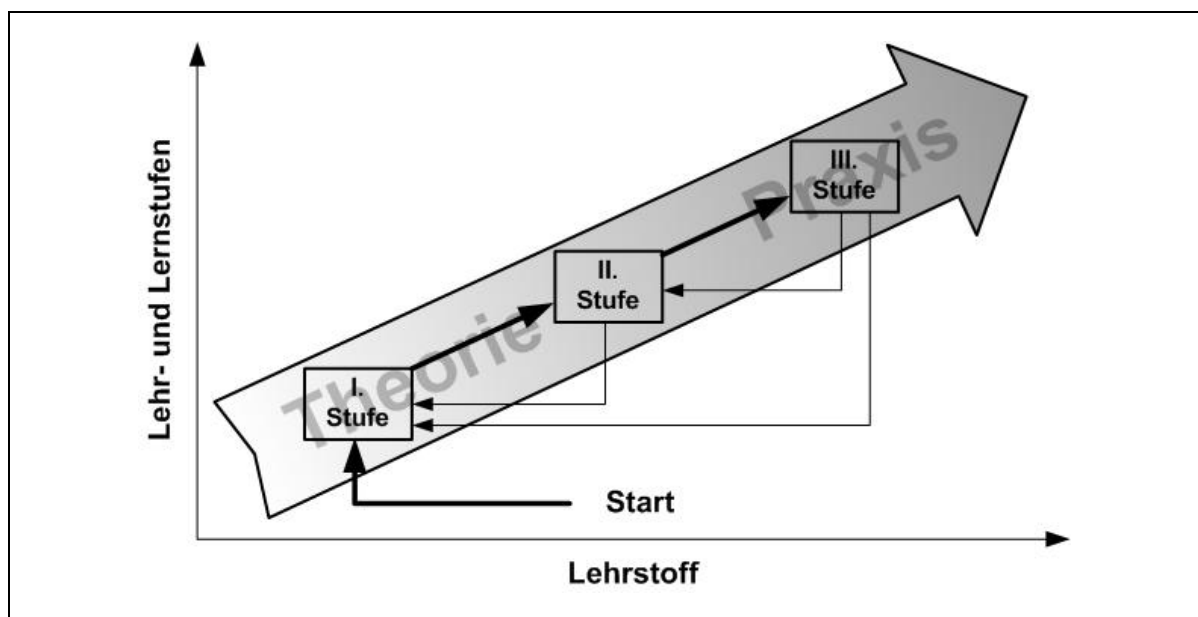


Abbildung 4.1: Drei stufige Wissensvermittlung der studentischen Ausbildung

Die stufenweise Überführung von theoretischem Wissen hin zur praxisorientierten Anwendung definiert das Hauptziel, das es im Zuge der Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren zu erreichen gilt. Die elektronische Umsetzung des 3-Stufen-Modells ist maßgeblich von den Lehrmethoden, die zur Vermittlung des Lehrstoffes herangezogen werden, der Strukturierung des Lehrstoffes selbst und der Einbettung situationistischer Merkmale in der Lernumgebung geprägt. Zur Verdeutlichung werden die erwähnten Aspekte nachfolgend detailliert erläutert.

Lehrmethoden

Die Unterscheidung zwischen drei unterschiedlichen Wissensformen wird auch im elektronischen Lehr- und Lernprozess beibehalten, wobei die Abgrenzung zwischen den Stufen neben der Form des zu vermittelnden Wissens zusätzlich durch die unterschiedlichen Lehrmethoden jeder Stufe entsteht: Deklarative Wissensvermittlung erfolgt vorrangig durch die aus dem Behaviorismus hervorgegangene Form des programmierten Unterrichtes, prozedurale Wissensvermittlung durch die Methoden des Instruktionsdesign und konditionale Wissensvermittlung durch die Methoden des konstruktivistischen Unterrichts (siehe Abbildung 4.2).

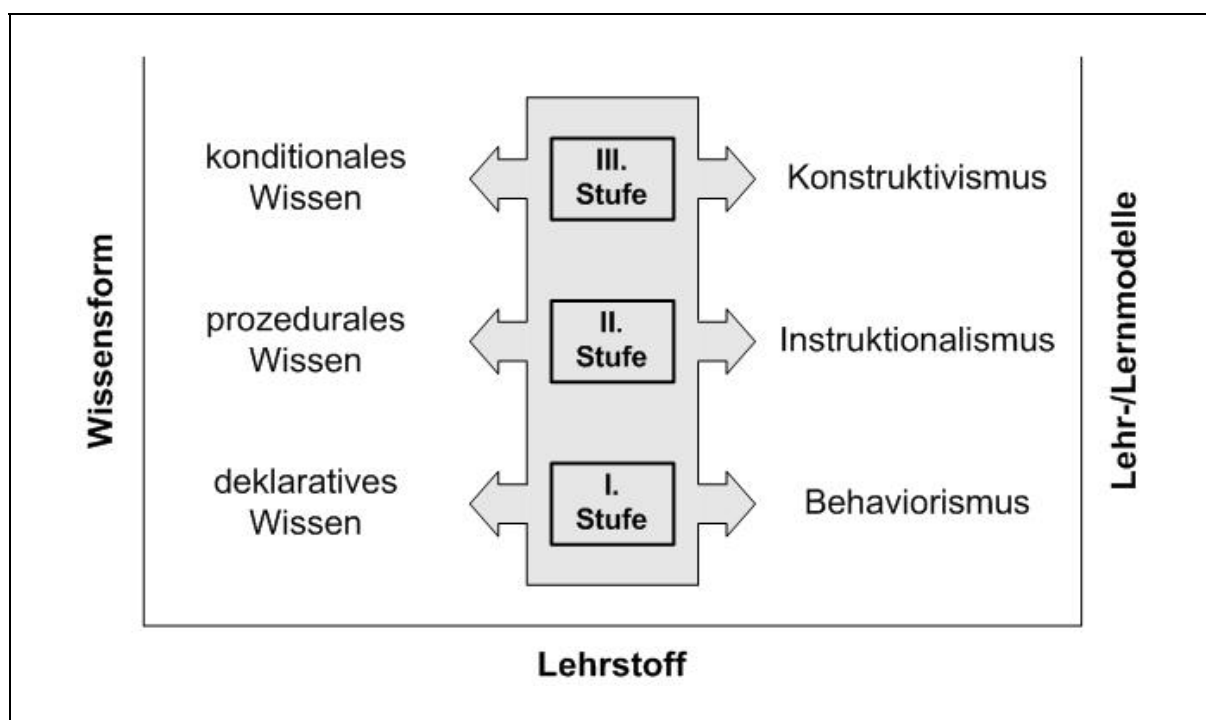


Abbildung 4.2: Abbildung unterschiedlicher Wissensformen auf unterschiedliche didaktische Modelle

Der Einsatz von unterschiedlichen Lehr- und Lernmodellen in den drei Stufen der Wissensvermittlung begründet sich durch die Eignung der jeweiligen Methoden bei kleinstmöglichem Anspruch an den Lerner im Bezug auf den Umgang mit der Lernumgebung selbst. So sind beispielsweise die Methoden des programmierten Unterrichtes hinreichend, um theoretische Grundlagen zu vermitteln. Eine Beschränkung auf die Methoden des behavioristischen Modells hat den Vorteil, dass eine elektronische Umsetzung auf eine für den Lerner einfach benutzbare Form erfolgen kann, was insbesondere den Lernern zu gute kommt, die noch keine Erfahrung im Umgang mit elektronischen Lernumgebungen haben. Erst mit zunehmender Erfahrung werden die Lerner schrittweise mit höherwertigen Lehrmodellen konfrontiert, die einen erwei-

terten Anspruch an die Benutzung aufweisen, sich aber als geeigneter erweisen, wenn es um die Vermittlung von praxisbezogenem Anwendungswissen geht (siehe Abbildung 4.3).

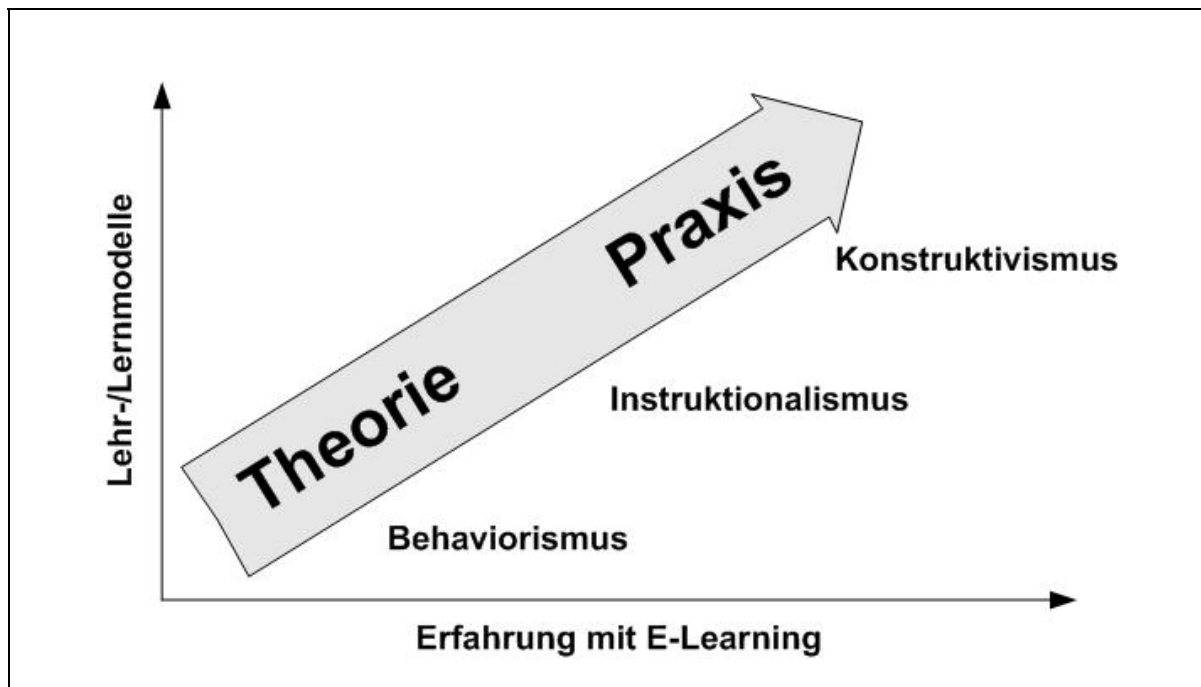


Abbildung 4.3: Abhängigkeit zwischen Lehr- und Lernmodellen, Wissensform und Erfahrung der Lerner in der Wissensvermittlung

Strukturierung des Lehrstoffes

Bezüglich der Strukturierung des gesamten Lehrstoffes lassen die in Abbildung 4.3 dargestellten Beziehungen zwischen Lehrmodellen, Wissensform und Erfahrung zwei Möglichkeiten zu:

1. Erfahrene Lerner sind in der Lage, sich das gesamte Wissen nach konstruktivistischen Methoden anzueignen.
2. Unabhängig von der Erfahrung im Umgang mit elektronischen Lernumgebungen eignen sich bestimmte Modelle besser zur Vermittlung unterschiedlicher Wissensformen.

Abbildung 4.4 stellt die zwei Möglichkeiten graphisch gegenüber: Während die erste Möglichkeit nach einer Einarbeitungsphase die Vermittlung des gesamten Lehrstoffes durch konstruktivistische Methoden vorsieht, geht der zweite Fall von einer sich wiederholenden Sequenz unterschiedlicher Lehrmodelle aus. Jedes Lehrsegment leitet die Wissensvermittlung durch behavioristische Methoden ein, bevor es Ansätze aus dem Instruktionalismus und dem Konstruktivismus integriert.

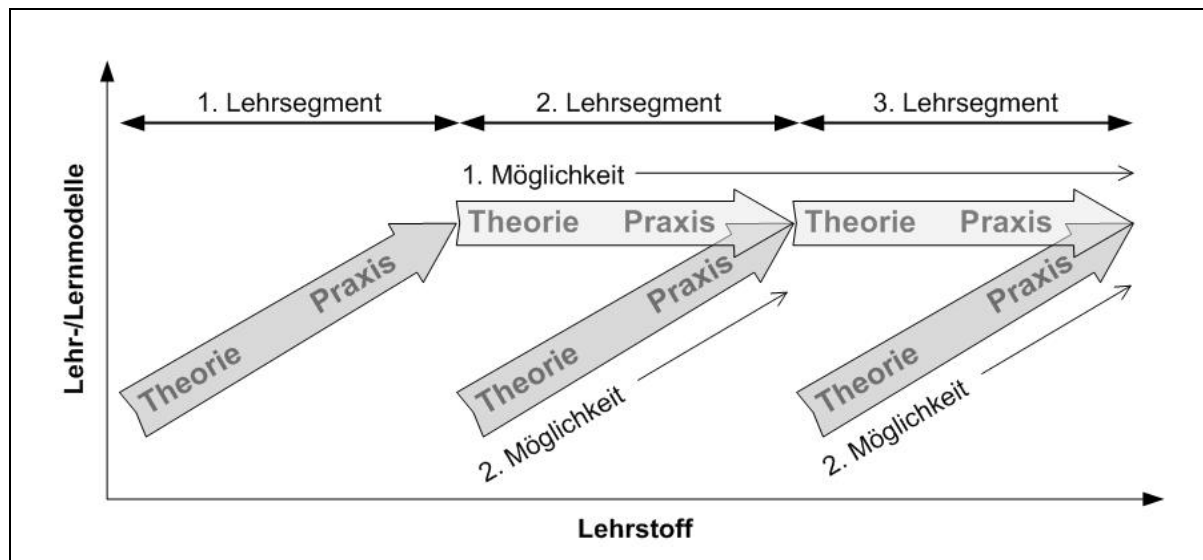


Abbildung 4.4: Möglichkeiten der praxisorientierten Lehrstoffvermittlung

Tatsächlich propagieren Verfechter konstruktivistischer Lernumgebungen den gesamten Lehrstoff mittels entsprechender Lehrmethoden zu vermitteln, beachten hierbei jedoch nicht die Schwierigkeiten der Benutzer, die im Umgang mit solchen Systemen auftreten und nicht selten zum Abbruch der Wissensvermittlung durch den Lerner selbst führen.

Neben dem oben erwähnten Problem, das mit der Erfahrung im Umgang mit elektronischen Lernsystemen im Zusammenhang steht, sind es die Faktoren Zeit und Lerntyp, die entscheidend gegen eine Umsetzung des gesamten Lehrstoffes im Bauingenieurwesen mittels konstruktivistischer Lehrmethoden sprechen. Der Zeitfaktor spielt hierbei in zweierlei Hinsicht eine Rolle: Zum einen ist die Erstellung von konstruktivistischen Lernumgebungen und den darin dargebotenen Inhalten wesentlich zeitaufwendiger als die Erstellung von Systemen anderer Art, was die Erweiterbarkeit und somit die Dauerhaftigkeit der Lernumgebung in Frage stellt. Zum anderen ist der Zeitaufwand auf der Seite der Lerner in der Regel größer, sich Wissen mittels konstruktivistischer Methoden anzueignen als beispielsweise durch Methoden des Instruktionsdesign, die den Lernprozess in geeigneter Weise steuern. Letztgenannter Punkt steht eng in Verbindung mit dem oben aufgeführten Begriff des Lernertyps. Lernertypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Vorliebe bezüglich der Methode der Wissensaneignung. Im konstruktivem Bauingenieurwesen, bedingt durch den hohen Anteil mathematischer Methoden und Nachweisverfahren, finden sich Lernertypen, welchen die Wissensaneignung mittels Ansätzen aus dem Behaviorismus und Instrukionalismus näher liegen als die kognitiv höherwertigen Ansätze des Kognitivismus und des Konstruktivismus. Da letztere allerdings maßgeblich dazu beitragen anwendbares Wissen zu produzieren, kann auf die Einbindung konstruktivistischer Ansätze nicht verzichtet werden.

Ein weiterer Aspekt, der für die Sequenzierung aller Lehrsegmente nach dem 3-Stufen-Modell spricht, ist die Nutzung der Lernumgebung im Bereich der Weiterbildung. Während eine Vorgehensweise nach der in Abbildung 4.3 dargestellten Möglichkeit mit konstruktivistischem Schwerpunkt in der studentischen Ausbildung durchaus denkbar und von den Studenten leistbar ist, so scheitert dieser Ansatz in der Weiterbildung aufgrund des variablen Anfangspunktes der Wissensvermittlung: Im Gegensatz zur curricularen Lehre, welche den umfangreichen Lehrstoff in aufeinander aufbauende Abschnitte gliedert sowie den Startpunkt der Wissensvermittlung eindeutig festlegt und sich dadurch ebenfalls die Einarbeitungsphase im Umgang mit der elektronischen Lernumgebung eindeutig bestimmen lässt, sind alle Lehrsegmente eines modularen Weiterbildungsangebotes als potentielle Startpunkte anzusehen. Dies liegt zum einen daran, dass Weiterbildungseinheiten in der Regel nicht den zeitlichen Umfang aufweisen wie der Lehrstoff, der in der studentischen Ausbildung vermittelt wird und sich folglich eine Unterteilung in eine Einarbeitungsphase und eine Anwendungsphase nicht realisieren lässt. Zum anderen sind Lehrsegmente, die in der beruflichen Weiterbildung zum Einsatz kommen, stärker entkoppelt als die hierarchisch gegliederten Segmente der studentischen Lehre. Jedes Segment, das eine bestimmte Thematik abarbeitet, muss sich als eine geschlossene Einheit darbieten, sowohl in fachlicher Hinsicht als auch in der Benutzbarkeit durch den Lerner.

Der obige Abschnitt lässt erkennen, welchen hohen Stellenwert die Segmentierung des zu vermittelnden Lehrstoffes ausübt. Die Unterteilung in Abschnitte, deren Inhalte nach den Vorgaben des 3-Stufen-Modells aufbereitet werden müssen, gehört zu den ersten Aufgaben der didaktischen Aufbereitung des Lehrstoffes.

Situationistische Merkmale

Merkmale, die für situiertes Lernen stehen, sind im 3-Stufen-Modell wie folgt berücksichtigt:

- In allen drei Stufen des Modells erfolgt die Wissensvermittlung im spezifischen Kontext. Die Lerneinheiten veranschaulichen nach Möglichkeit den zu vermittelnden Lehrstoff durch die Einbettung der Information in ein realistisches Problem beziehungsweise in eine authentische Situation.
- Das Wissen wird beim Lerner durch einen aktiven Konstruktionsprozess gebildet, der sich vorrangig in der Anwendung des Wissens in den Stufen zwei und drei manifestiert.
- Der geforderten lernerzentrierten Steuerung des Lernprozesses in situationistischen Lernumgebungen wird in der dritten Stufe der Wissensvermittlung

verstärkt nachgekommen, in der zusätzlich Aspekte des Lernens als sozialer Prozess befriedigt werden.

Die obige Aufzählung zeigt, dass die Ausprägung der situationistischen Merkmale wie auch der Gebrauch der Lehrmethoden stufenweise variiert. Um die unterschiedlichen Formen der Wissensvermittlung jeder Stufe im Bezug zu den relevanten Lehrmethoden und Lehrtheorien herauszustellen, werden in den nachfolgenden Abschnitten die didaktischen Merkmale der drei Stufen der Wissensvermittlung im Detail vorgestellt. Zum Vergleich orientiert sich die Darstellung der Wissensvermittlung der Stufen an den neun Lehrschritten nach Gagné. Die Gegenüberstellung des entwickelten Modells mit dem Modell nach Gagné verdeutlicht zum einen die Abweichungen im Bezug zur empfohlenen Abfolge der Lehrschriffe und zum anderen die didaktische Variation der Stufen untereinander.

4.3.1 Deklarative Wissensvermittlung der ersten Stufe

Die Beschreibung der didaktischen Merkmale unter Verweis auf die neun Lehrschriffe nach Gagné erfolgt in zwei Teilen. Der erste Teil setzt sich mit der Einführung in den Lehrprozess auseinander, die im Modell nach Gagné in den ersten drei Lehrschriffen verankert ist, bevor im zweiten Teil der Ausführung der eigentliche Prozess der Wissensvermittlung abgehandelt wird.

Einführungsphase

Die Verankerung der Einführung in drei Lehrschriffen im zugrunde gelegten Modell von Gagné verdeutlicht den hohen Stellenwert der Einführungsphase in den Lehr- und Lernprozess. Unabhängig von der Art der Lernumgebung, ob beispielsweise multimediale Technologien zum Einsatz kommen oder aber sich die Wissensvermittlung als reine Präsenzlehre darbietet, ist die Einleitung in die Thematik nicht selten ausschlaggebend für den Grad des Lernerfolgs der Teilnehmer. Das frühzeitige Wecken des Interesses durch die Vermittlung einer klaren Vorstellung über den Lehrstoff, die Ausweisung der zu erreichenden Lehrziele und der Vorgehensweise zur Lernzielerlangung veranlassen den Lerner, sich von Beginn an intensiv mit der Thematik auseinander zusetzen. Aspekte des Lehrstoffes können somit frühzeitig hinterfragt werden, was zu einem tieferen Verständnis des gesamten Lehrstoffes führt.

Elektronische Lernumgebungen sind hier in zweierlei Hinsicht besonders gefordert: Zum einen ist die Skepsis der Lerner gegenüber multimedialen Technologien in der Regel überdurchschnittlich groß und muss frühzeitig abgebaut werden. Zum anderen müssen sie den Part des Referenten kompensieren, der durch seinen fachlichen Wissensfundus aber auch in seiner Eigenschaft als erfahrener Lehrer nicht trivial di-

gital abzubilden ist. Um die aufgeführten Aspekte lernergerecht zu befriedigen, ist es notwendig, Didaktik und Informationstechnologie in geeigneter Weise zu kombinieren. Wie dies im Rahmen der ersten Stufe in der Aus- und Weiterbildung für das Bauwesen erfolgen kann, wird in Abbildung 4.5 mittels eines Aktivitätsdiagramms nach der Unified Modeling Language (UML) [OES1998] dargestellt und im folgenden erläutert.

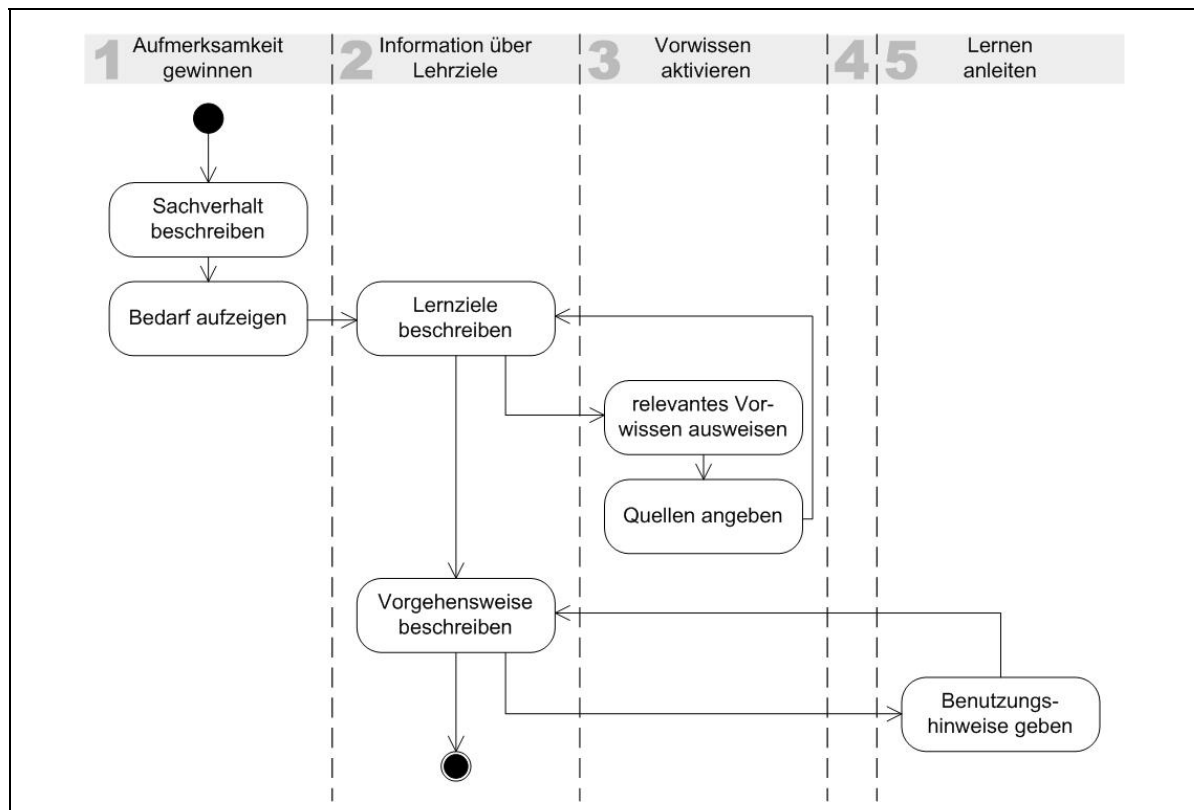


Abbildung 4.5: Aktivitätsdiagramm der Einführungsphase

Die erste Aktion der Einführungsphase beschreibt den grundlegenden Sachverhalt der Thematik, die im weiteren Verlauf des Lernszenarios vermittelt werden soll. Das Gewinnen der Aufmerksamkeit des Lerners, was nach Gagné im Vordergrund des ersten Lehrschrittes steht, kann durch das Einbinden von multimedialen Elementen in den beschreibenden Text gesteigert werden. So können beispielsweise Bilder, Videomaterial oder Animationen, die den zu vermittelnden Lehrstoff eindrucksvoll in Szene setzen, das Interesse des Lerners maßgeblich erhöhen und motivationsfördernd wirken. Eine im Anschluss folgende Darstellung des Bedarfs und der Bedeutsamkeit des Sachverhaltes ermöglichen es dem Lerner frühzeitig Zusammenhänge zu erkennen, eine sich auf die Lernfreude positiv auswirkende Eigenschaft. Auch hier ist es von Nutzen, die gemachten Aussagen durch multimediale Elemente zu untermauern.

Die Beschreibung der Lernziele durch das System im zweiten Schritt der Einführungsphase gewährleistet eine eindeutige Vorstellung beim Lerner zu generieren, welcher Inhalt im nachfolgenden Lernszenario abgehandelt wird. Dieser Lehrschrift steht eng mit dem dritten Lehrschrift in Verbindung, der erforderliches Vorwissen ausweist, das zur Bearbeitung des Lernszenarios relevant ist. Die Angabe auf Zusatzinformationen, die entweder in der Lernumgebung vorgehalten werden oder aus externen digitalen Quellen bezogen werden können, eröffnet dem Lerner einen Einblick in die Wissensvielfalt, die ihm in einer virtuellen Lernumgebung zur Verfügung steht. Insbesondere die im Umgang mit elektronischen Lernumgebungen unerfahrenen und skeptischen Benutzer können hierbei durch einfache Integrationsverfahren externer Wissensseinheiten von dem Mehrwert elektronischer Lernsysteme überzeugt werden.

Die abschließenden Aktivitäten der Einführungsphase nach Abbildung 4.5 stehen ebenfalls eng in Zusammenhang mit der Handhabung unerfahrener Nutzer: Neben der reinen Informationsdarbietung der Einführung ist es notwendig, den Lerner mit den Rahmenbedingungen des konkreten Szenarios und der Benutzung der Systemkomponenten vertraut zu machen. Rahmenbedingungen sind hier beispielsweise der Zeitplan, der zur Abarbeitung zugrunde gelegt wurde oder die Aufzählung der Komponenten, die im konkreten Lernszenario zur Anwendung kommen und vom Lerner beherrscht werden müssen. Die Handhabung dieser Komponenten, beispielsweise die Nutzung eines Forums oder die Steuerung einer Testumgebung, wird dem Lerner bei Bedarf multimedial in geeigneter Form vermittelt.

Wissensvermittlungsphase

Der Schwerpunkt der deklarativen Wissensvermittlung in der Form der Darstellung des Lehrstoffes ist im vierten Lehrschrift nach Gagné verankert. Im 3-Stufen-Modell findet sich der Hauptanteil der deklarativen Wissensvermittlung in der ersten Stufe wieder, in welcher der Lerner nach der zuvor beschriebenen Einführungsphase den Lehrstoff multimedial dargeboten bekommt. Nach dem entwickelten situationistischen Modell für die Aus- und Weiterbildung bildet die erste Stufe das Fundament der gesamten Wissensvermittlung, da hier entgegen konstruktivistischer Ansätze der Lehrstoff in einer hierarchisch gegliederten Form vorliegt und vorrangig zu Beginn einer Lehrsequenz vermittelt wird. In dieser Phase wird der Lehrstoff dem Lerner vollständig dargeboten. Trotz dieser Vorgehensweise soll es möglich sein, Teile einer solchen Lehrsequenz herauszulösen, um diese in einer anderen Lehrsequenz nutzen zu können. Die angesprochene Aufteilung in so genannte Lernobjekte wird in der beschriebenen Lernumgebung durch eine seitenweise Darstellung des Lehrstoffes realisiert, deren Seiten wiederum andere Seiten referenzieren, welche die Informati-

onen durch die Darstellung von Bildmaterial oder anderen zusätzlichen Informationen vervollständigen. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, ein bestimmtes Bild, das in der ersten Stufe der Wissensvermittlung in einer Lehrsequenz eingebunden war, als Veranschauungsmaterial in einer anderen Stufe zu nutzen.

Trotz der Zerlegung des Lehrstoffes in Lernobjekte, die wiederum zu Lehrsegmenten zusammengestellt oder untereinander verlinkt werden können, birgt dieses standardisierte Verfahren elektronischer Lernumgebungen die Gefahr, mit der Wissensvermittlung durch Bücher gleichgesetzt werden zu können. Insbesondere das Anbieten einer benutzerfreundlichen Druckfunktionalität erhöht die Wahrscheinlichkeit des Vergleiches mit Büchern, der oftmals nicht zugunsten der elektronischen Lernumgebung ausfällt. Um die Vorteile der computerunterstützten Lehre dem Lerner zu offenbaren bedarf es eines Designs der ersten Stufe der Wissensvermittlung, das über die Möglichkeiten der reinen Darstellung von Wissen in Buchform hinausgeht. In der Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung wird dies durch gesteigerte Interaktivität zwischen System und Lerner durch die Integration von Testaufgaben bei größtmöglicher Automatisierung des Rückkopplungsprozesses erreicht. Abbildung 4.6 stellt den Ablauf der Lerneinheiten der Stufe 1 dar, die im nachfolgenden Abschnitt detailliert erläutert wird.

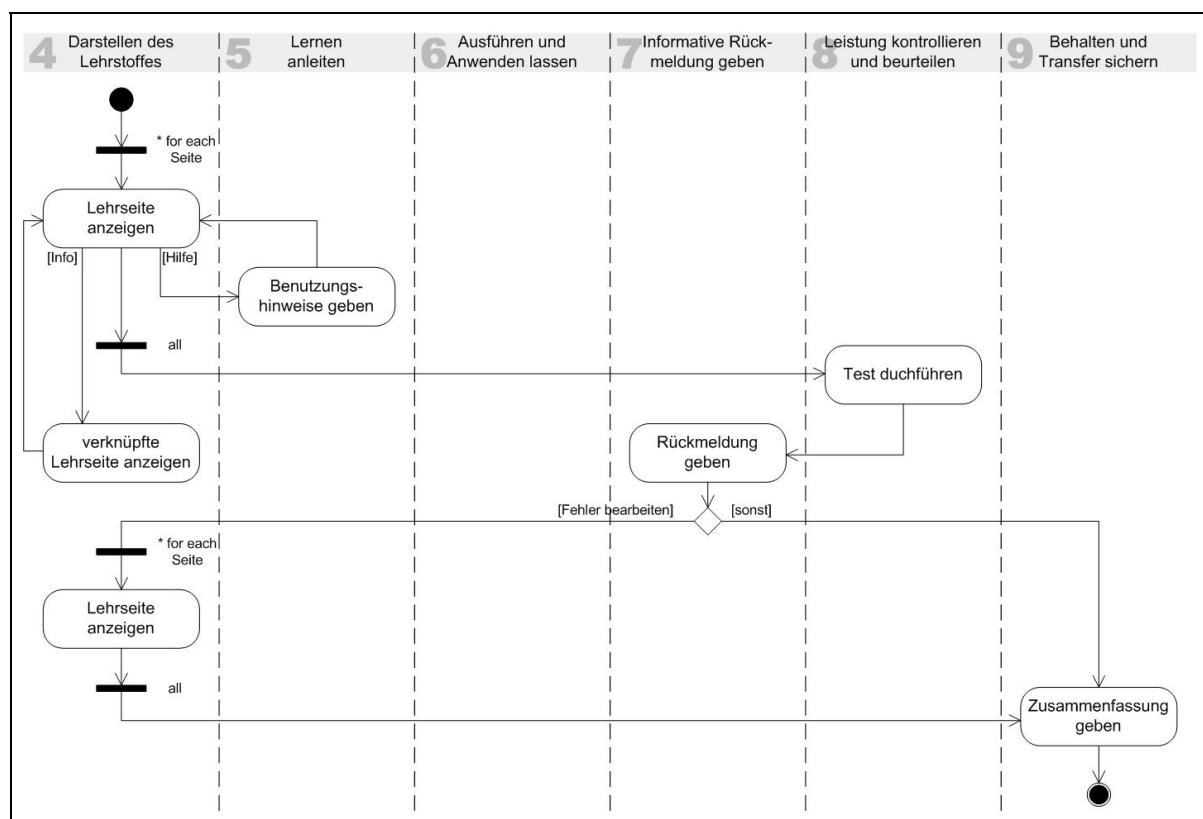


Abbildung 4.6: Aktivitätsdiagramm der deklarativen Wissensvermittlung der Stufe 1

Die erste Aktivität im Diagramm stellt die Anzeige der Lehrseiten dar, die nacheinander abgearbeitet werden. Die Informationseinheiten werden, wie auch die Inhalte der Einführungsphase, mit multimedialen Elementen angereichert, die zum einen für das Verständnis förderlich sind und zum anderen durch das Prinzip der Assoziation dazu beitragen, den Lehrstoff beim Lerner dauerhaft zu verankern. Weiterhin können durch Verweise auf andere Seiten des Lehrstoffpools bei Bedarf ausführlichere Beschreibungen der Thematik oder nützliche Zusammenhänge erläutert werden, die für eine breitere Wissensbasis der Lerner zuträglich sind. Die dargestellte Beziehung zwischen der Aktivität „Lernseite anzeigen“ und „Benutzungshinweise geben“ stellt dar, dass der Lerner bei Fragen bezüglich der Handhabung vom System jederzeit erneut Unterstützung anfordern kann, sei es bei Fragen bezüglich der Navigation durch den Lehrstoff oder durch Fragen, die andere Komponenten der Lernumgebung betreffen, wie beispielsweise der Nutzung eines Forums, um eine Frage zum Lehrstoff zu stellen.

Nach der Durcharbeitung der Lehrseiten wird dem Lerner die Möglichkeit geboten, durch einen digitalen Test den Leistungsstand zu kontrollieren. Hierbei ist es notwendig eine Testform zu wählen, die vom Computer direkt ausgewertet werden kann, um dem Lerner den Eingaben entsprechende Rückmeldungen geben zu können. Der Lerner kann daraufhin selbst entscheiden, ob er fehlerhaft beantwortete Fragen mittels Durcharbeiten der entsprechenden Lehrseiten wiederholt bearbeitet oder direkt zur abschließenden Zusammenfassung übergeht.

Im Diagramm nicht dargestellt, aber für den Lerner immer zur Verfügung stehend, ist die Nutzung von Kommunikationsmöglichkeiten, die vom System bereitgestellt werden. Obwohl es Ziel sein muss, die Abstimmung zwischen dem dargebotenen Lehrstoff und den zugehörigen Fragen so zu wählen, dass sich eine für den Lerner unzureichende Erklärung der Fragen ausschließt, sind dem Lerner Möglichkeiten vorzuhalten, die den Wissensaustausch gewährleisten. Im Rahmen der deklarativen Wissensvermittlung bieten sich Komponenten wie Foren, Chat und E-Mail an, um dieses zu gewährleisten. Die Notwendigkeit der Integration solcher Kommunikationskomponenten begründet sich nicht allein zur Klärung von fachlichen Fragen des Lerners, es gibt diesem weiterhin das Gefühl, im elektronischen Lernprozess nicht allein zu sein. Der soziale Prozess des Lernens muss auch in elektronischen Lernumgebungen ein Höchstmaß an Aufmerksamkeit entgegengebracht werden, da es im späteren Berufsleben nicht ausschließlich auf das Wissen ankommt. Teamarbeit und gemeinschaftliches Lösen von Aufgaben stehen oftmals im Vordergrund und können bei Bedarf auch schon in der Phase der deklarativen Wissensvermittlung gefördert werden, beispielsweise durch die Integration von moderierten Foren, die zur Diskussion des Lehrstoffes genutzt werden können.

4.3.2 Prozedurale Wissensvermittlung der zweiten Stufe

Die zweite Stufe der 3-Stufigen-Wissensvermittlung ist verantwortlich, die Anwendbarkeit des in der ersten Stufe dargebotenen deklarativen Wissens in Übungen zu vermitteln und stellt folglich den Kern des situationistischen Modells für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren dar. Wie Stufe 1 ist auch Stufe 2 unterteilt in eine Einführungsphase und eine Wissensvermittlungsphase.

Einführungsphase

Aus Gründen der Einheitlichkeit entspricht der Ablauf der Einführungsphase dem der ersten Stufe, wenngleich einzelne Aktivitäten durch differierende Methoden unterstützt werden. Während die erste Stufe der Wissensvermittlung noch geprägt war von der Vermittlung der Grundlagen und des Faktenwissen, die sich im Bereich der studentischen Lehre nur eingeschränkt anwendungsorientiert vermitteln lassen, liegt das Hauptaugenmerk der zweiten Stufe darin, die Anwendbarkeit durch Integration praxisrelevanter Anwendungen aufzuzeigen. Die auf den Lerner motivationsfördernde Wirkung der anwendungsorientierten Lehre wird schon in der Einführungsphase genutzt, um das Interesse des Lernalers zu steigern. Dem Lerner wird von Beginn an die zu erlangende Kompetenz im Umgang mit praxisrelevanten Anwendungen vor Augen geführt, wobei Animationen der im System integrierten Anwendungen den Lerner in die Handhabung der Programme unterweisen.

Die Einbettung der Übung in einen Handlungsrahmen nach der Methode des „Learning By Doing“ in Kombination mit einem aus der Anchored Instruction Methode bekannten narrativen Anker, der schon in der Einführungsphase zum Einsatz kommt, erhöht ebenfalls das Interesse des Lernalers für das nachfolgende Übungsszenario. Eine berufsorientierte Rollenvergabe des Lernalers im Übungsszenario ist hilfreich, diesem den Bedarf des zu vermittelnden Wissens aufzuzeigen und sich mit der Rolle zu identifizieren, die er nach der Aus- beziehungsweise Weiterbildung bekleiden wird.

Obwohl die Übungen der zweiten Stufe ebenfalls als in sich geschlossene Lernszenarien vom Lernsystem dargeboten werden, stehen diese in direktem Bezug zu Wissensseinheiten der Stufe 1. Diese für die Abarbeitung der Übung relevanten Lerneinheiten werden in der Einführungsphase aufgelistet, um dem Lerner bei Bedarf das Nachschlagen von Informationen einfach und schnell gewährleisten zu können.

Wissensvermittlungsphase

Die Verwendung eines narrativen Ankers in den Übungsszenarien der zweiten Stufe verdeutlicht die Tatsache, dass die hier zum Einsatz kommenden Lehr- und Lerneinheiten nicht ohne fachliche Hintergrundinformation aufgebaut sind. Das in den Ü-

bungsszenarien vermittelte Wissen ist jedoch nicht mit den Wissenseinheiten der ersten Stufe gleichzusetzen, sondern stellt vielmehr eine Wiederholung der praxisrelevanten Punkte dar, die in dem Übungsszenario von Relevanz sind. Auch Aspekte, die in der deklarativen Wissensvermittlung nicht vermittelt wurden, können in den Szenarien der zweiten Stufe dargeboten werden. Beispielsweise seien an dieser Stelle Thematiken aufgeführt, deren Praxisbezug derart groß ist, dass diese mit den Möglichkeiten der deklarativen Wissensvermittlung der ersten Stufe nur schwerlich darstellbar sind. Auch lassen sich Zusammenhänge oder Widersprüche zwischen Theorie und Praxis in den Übungsszenarien besser aufzeigen als in den Lerneinheiten der ersten Stufe.

Zur anschaulichen Verknüpfung von Theorie und Praxis stellen multimediale Elemente wie Bilder und Animationen zwar eine große Hilfe dar, reichen aber nicht aus, wenn es um die Vermittlung von Berechnungen und Nachweisverfahren geht. Als Schnittstelle zwischen abstraktem Wissen und anwendungsorientierten Wissen wird im situationistischen Modell für die Aus- und Weiterbildung im Bauwesen ein virtuelles Gebäudemodell herangezogen, an welchem sowohl fachliche Aspekte verdeutlicht als auch Nachweisverfahren eingeübt werden können.

Abbildung 4.7 veranschaulicht den Lehr- und Lernprozess, er sich durch die Kombination von kontextbezogenem Wissen und praxisrelevanten Anwendungen ausweist.

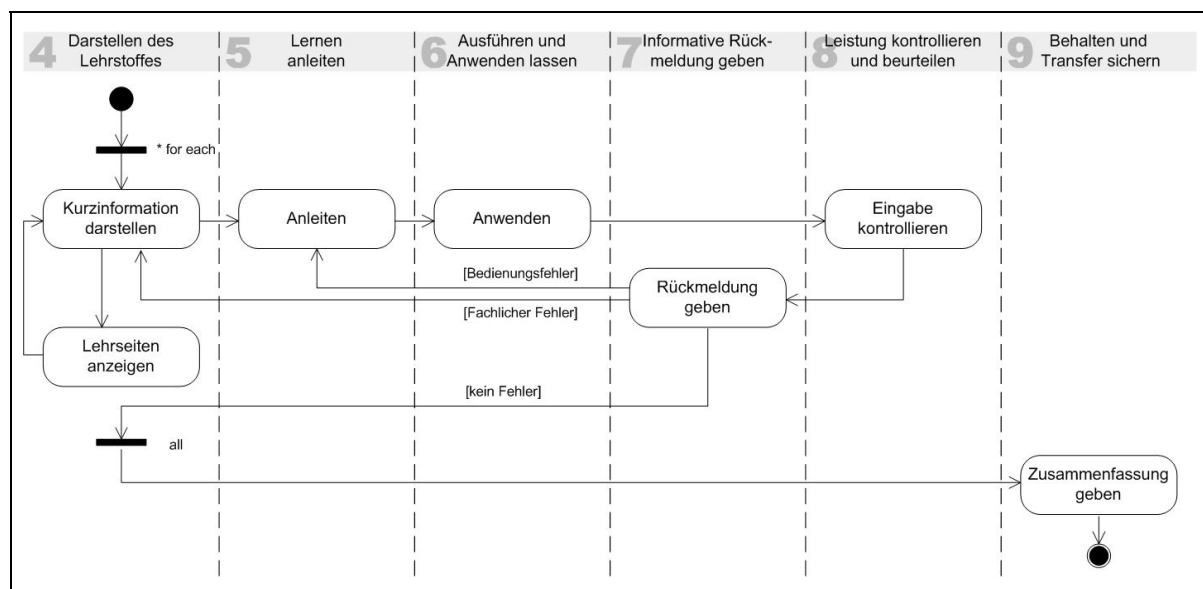


Abbildung 4.7: Aktivitätsdiagramm des Übungsszenarios der Stufe 2

Im Gegensatz zur vertikalen Schwerpunktsausbildung der Wissensvermittlung der ersten Stufe, die sich in der Anhäufung der Aktivitäten in der Spalte zur „Darstellung des Lehrstoffes“ abzeichnet, lässt das aus dem Aktivitätsdiagramm der zweiten Stufe eine horizontale Schwerpunktsverlagerung erkennen. Wurden die Lehrinhalte der

deklarativen Wissensvermittlung erst vollständig abgearbeitet, bevor es zu einem didaktischem Wechsel in der Vorgehensweise in Form der Durchführung eines inhaltsbezogenen Selbsttest mit anschließender Rückkopplung kam, so lässt Abbildung 4.7 erkennen, dass die Phase der Interaktion mit dem System nach jeder Informationsdarstellung erfolgt. Die Interaktion untergliedert sich hierbei wie folgt: Nach jeder Kurzdarstellung des für die Anwendung relevanten Lehrstoffes wird der Lerner detailliert in die Vorgehensweise der Umsetzung der Information in die entsprechenden Programme eingeführt. Diese Anleitung wird in Form von Text, Bild und Animation in einer lernergerechten Art umgesetzt, so dass dieser sehr schnell in die Lage versetzt wird, die Benutzung nachzuvollziehen. Didaktische Überlegungen legen den Schluss nahe, die Art der Gestaltung der Anleitungen denen der Lernszenarien gleichzusetzen. Nach der Beschreibung der Vorgehensweise durch das Lernsystem wird der Benutzer angewiesen, die entsprechenden Tätigkeiten eigenständig auszuführen. Beispielweise sei an dieser Stelle die Parametrisierung eines Gebäudes aufgeführt, wobei sich die entsprechenden Parameter aus den zuvor gegebenen Rahmenbedingungen ableiten lassen. Hat der Lerner die von ihm geforderten Tätigkeiten abgearbeitet, werden die Eingaben vom System überprüft. Je nach Auswertungsergebnis wird dem Lerner daraufhin automatisiert Rückmeldung gegeben, die darüber Auskunft gibt, ob er die Aufgabe richtig gelöst hat oder nicht, wobei im letzteren Fall zwischen fachlichen Fehlern und Benutzungsfehlern differenziert wird. Das Auftreten eines Fehlers veranlasst das Lernsystem dazu, je nach Art des Fehlers Informationen zu wiederholen, die zur richtigen Lösung der Aufgabe beitragen. Erst nach einer korrekten Bearbeitung wird dem Lerner die Möglichkeit gegeben, im Übungsszenario fort zu fahren, an deren Ende wie zuvor eine Zusammenfassung des Übungsszenarios und der darin enthaltenen wichtigen Aussagen steht.

Der Rückkopplungsprozess, der wie oben beschrieben für die Steuerung des Übungsszenarios verantwortlich ist, ist im Übungsszenario automatisiert. Wie in den Lernszenarien der ersten Stufe ist es ebenso in den Übungsszenarien der zweiten Stufe ein wesentliches Ziel, die Wissensvermittlung zum größtmöglichen Teil computergesteuert durchzuführen. Bedingt durch die oben beschriebene Rahmenbedingung, dass ein Übungsszenario nur durch richtige Bearbeitung der jeweiligen Aufgaben der einzelnen Übungsschritte abgearbeitet werden kann, bedarf es Lösungen, die dem Lerner im Versagensfall weiterhelfen. Eine Möglichkeit, die für den Lerner immer zur Verfügung steht, ist die Nutzung der im Lernsystem integrierten Kommunikationskomponenten. Da der Wissensaustausch mit dem Lehrer oder mit anderen Lernern in der Regel nur asynchron möglich ist und dies zu einer nicht immer hinnehmbaren Zeitverzögerung im Lernprozess führt, werden die dem Lerner von der Rückkopplungskomponente angegebenen Hilfen in ihrer Deutlichkeit variiert: Je öfter der Lerner an einer konkreten Fragestellung scheitert, desto ausführlicher werden die

Lösungsansätze vom System angegeben, was in seiner Endform die Darstellung der Musterlösung beinhaltet.

Neben den sich verfeinernden Hilfestellungen im Fehlerfall wird auch der gegenteilige Fall in den Übungen der zweiten Stufe berücksichtigt: Mit wachsender Erfahrung im Umgang mit der fachlichen Thematik und der Benutzung der integrierten Anwendungen werden Anleitungen und Hilfestellungen sukzessive zurückgefahren, bis der Lerner gegen Ende eines Übungsszenarios die Aufgaben komplett eigenständig bearbeiten kann.

Die beschriebene Vorgehensweise der zweiten Stufe findet ihren Ursprung in der Methode des *Cognitive Apprenticeship*, die den Lehrprozess auf die schrittweise Überführung in die Selbstständigkeit der Lerner zuschneidet. Aber auch Ansätze des *Anchored Instruction*, wie beispielsweise die erwähnte narrative Struktur in einem problemorientierten Umfeld, lassen sich durch die Möglichkeiten der zweiten Stufe abbilden. Die Ausprägungen der jeweiligen Aspekte in einem Übungsszenario werden durch den Ersteller der Übung festgelegt, der diese nach seinen Vorstellungen beliebig untereinander kombiniert, ohne dabei den Instruktionscharakter der Übungsszenarien zu durchbrechen.

4.3.3 Konditionale Wissensvermittlung der dritten Stufe

Die dritte Stufe schließt die Wissensvermittlung nach dem 3-Stufen-Modell ab. Der wesentliche didaktische Aspekt, der in der dritten Stufe zum tragen kommt, lässt sich in einer zunehmenden Selbstorganisation des Lernprozesses durch den Lerner festmachen. Ein weiteres Ziel, dass mit der dritten Stufe erreicht werden soll, ist die Festigung des Wissens beim Lerner. Durch variierte Problemdarstellungen soll zuvor vermitteltes Wissen zur Anwendung kommen beziehungsweise sollen Lösungen generiert werden, die sich durch Transfer ähnlicher Sachverhalte ableiten lassen.

Auch die dritte Stufe der Wissensvermittlung in der Aus- und Weiterbildung im Bauwesen gliedert sich in die Punkte Einführungsphase und Wissensvermittlungsphase, die in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben werden.

Einführungsphase

Die Einführungsphase der dritten Stufe ähnelt der Einführung der zweiten Stufe. Auch hier ist die Umsetzung der ersten vier Lehrschrte nach Gagné geprägt von der problemorientierten Darstellung der im Folgenden abzuhandelnden Problematik. Neben den Verweisen auf Lernszenarien der Stufe 1 finden sich ebenso Verweise auf Übungsszenarien der Stufe 3 wieder, die als Vorwissen vorausgesetzt werden.

Die im Abschnitt der prozeduralen Wissensvermittlung beschriebene Abhängigkeit zwischen den Lehreinheiten der Stufen 1 und 2 projiziert sich auf die Wissensvermittlung der Stufe 3: Eine Bearbeitung der Szenarien der dritten Stufe ohne das vorherige Durcharbeiten der aufgeführten Einheiten aus der ersten und zweiten Stufe ist vom Lerner nicht leistbar, da sowohl das abgehandelte fachliche Wissen als auch das anwendungsorientierte Wissen vorausgesetzt werden.

Wissensvermittlungsphase

Die Phase der Wissensvermittlung in der dritten Stufe ist, wie Abbildung 4.8 aufzeigt, weniger als Wissensvermittlung mittels abarbeiten gegliederter Wissensseinheiten in Form von Text, Bild und Animation zu verstehen. Vielmehr verbirgt sich hinter der Phase der Wissensvermittlung der dritten Stufe das Konzept, sich Wissen in einem vom Lerner selbstgesteuerten Prozess anzueignen beziehungsweise vorhandenes Wissen zu vertiefen.

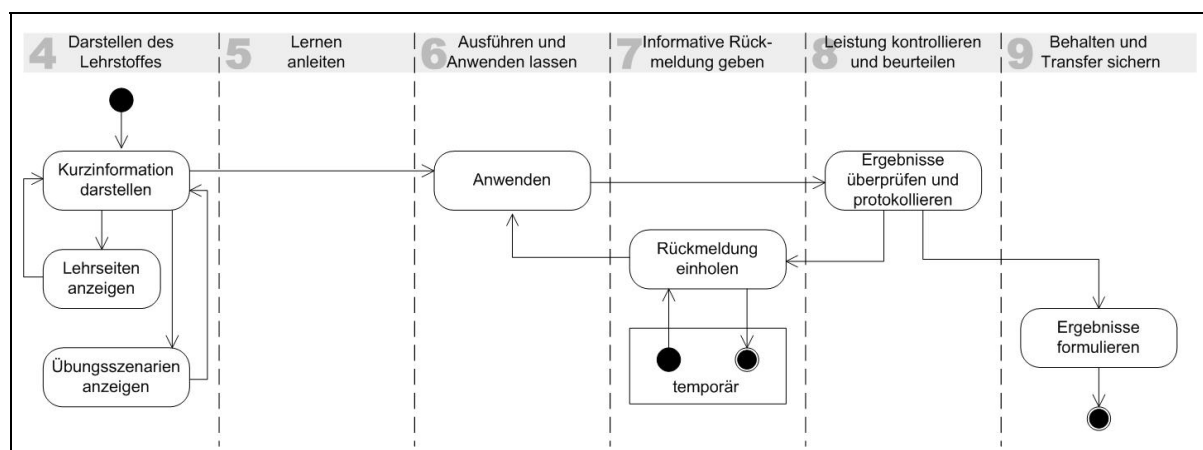


Abbildung 4.8: Aktivitätsdiagramm der Wissensvermittlung der dritten Stufe

Ausgangspunkt bildet hierbei die formulierte Problemstellung der Einführungsphase in Kombination mit einer kurzen Informationsdarstellung, die einen zu untersuchenden Aspekt, welcher in Zusammenhang mit Themen von Lehreinheiten der ersten und zweiten Stufe steht, erörtert. Zur Bearbeitung stehen dem Lerner neben den aufgeführten Wissensseinheiten lediglich die im Szenario integrierten Anwendungen und Nachweisverfahren zur Verfügung, die zur Lösung der Problemstellung herangezogen werden können. In einem iterativen Prozess experimentiert der Lerner mit den zur Lösung erforderlichen Anwendungen und protokolliert die erzeugten Zwischenergebnisse bis ein zufrieden stellendes Ergebnis erreicht ist.

Zur Beurteilung der Zwischenergebnisse stehen dem Lerner in erster Linie die integrierten Programme dar, aus deren Ergebnisdarstellungen sich Rückschlüsse auf eine richtige Vorgehensweise schließen lassen. Entspricht das erzielte Ergebnis nicht den

Erwartungen beziehungsweise den Forderungen, die in der Aufgabenstellung formuliert sind, hat der Lerner mehrere Möglichkeiten sein weiteres Vorgehen abzustimmen:

1. Selbstständiges Experimentieren unter Zuhilfenahme von Lerneinheiten der Stufen 1 und 2
2. Wissensaustausch mit anderen Lernern führen
3. Rücksprache mit der lehrenden Person halten

Die erste Möglichkeit, die Lösung des Problems mittels der zuvor durchgearbeiteten Lerneinheiten zu erlangen, führt in Lernszenarien der dritten Stufe nur zum Erfolg, wenn dies vom Ersteller der Lerneinheit erwünscht ist. Hintergrund dieser Aussage ist die didaktische Zweiteilung des Lehr- und Lernprozesses der dritten Stufe. Wie zuvor erwähnt, liegen die Hauptziele der dritten Stufe der Wissensvermittlung zum einen in der Festigung des bereits vorhandenen Wissens und zum anderen in der Überführung vom lehrerzentrierten Lernprozess hin zum lernerzentrierten Lernprozess. Folglich ist das Lösen der in der Aufgabe gestellten Problematik mittels Wissensseinheiten, die vorab bearbeitet wurden, in der Regel nur möglich, wenn es sich um ein Lernszenario mit dem vorrangigen Ziel der Festigung von vorhandenem Wissen handelt. Ein Lernszenario, das konstruktivistische Aspekte wie beispielsweise die Selbstorganisation des Lernprozesses verfolgt, wird einen anderen Weg der Wissensvermittlung vorsehen: Die Lösung der Aufgabenstellung wird unter der Zuhilfenahme von Lerneinheiten erarbeitet, die während der Bearbeitung der Aufgabenstellung in das Lernszenario mit eingebunden werden. Im Gegensatz zu den hierarchisch gegliederten Lerneinheiten der ersten Stufe handelt es sich bei diesen Wissensbausteinen um Elemente, die vorrangig Zusatzinformation liefern. Dies kann beispielsweise ein Artikel einer Fachzeitschrift sein, welcher das in der Aufgabenstellung geschilderte Problem abhandelt und dem Lerner somit nützliche Informationen gibt. Auch die Informationsdarstellung in der Form von Bild- und Videomaterial, in der Lösungen aus der Praxis vorgestellt werden, sind mögliche Maßnahmen, den Lerner in seiner weiteren Vorgehensweise zu unterstützen.

Die zeitliche Platzierung von Wissensseinheiten, die zur Lösung der Aufgabe erforderlich sind, ist abhängig von der gewünschten Einflussnahme des Lehrers auf den Lernprozess. Eine Möglichkeit besteht darin, die notwendigen Verweise in die Auflistung der Quellen aufzunehmen, in der Einführungsphase angegeben werden. Dies hat zur Folge, dass der Lerner das Recherchieren nach Informationen zu Beginn der Lernsequenz aufnimmt. Nachteilig hierbei ist die Tatsache, dass sich der Lösungsweg frühzeitig abzeichnet und die Ideenproduktion des Lerners eingeschränkt wird.

Ein anderer Weg, Zusatzinformationen in das Lernszenario zu integrieren, steht in enger Beziehung mit der in der Auflistung angegebenen Möglichkeiten des Wissensaustausches der Lerner untereinander und dem Dialog zwischen Lehrer und Lerner. Durch den Einsatz moderierter Foren lassen sich Informationen in die Lernsequenz einbauen, welche die beteiligten Lerner schrittweise zur Lösung führt. Die Zusammenführung einzelner Lerner zu einer Lernergruppe, die gemeinsam an der Lösung der Aufgabenstellung arbeitet, bietet eine Reihe von Vorteilen:

- Die schon angesprochene soziale Komponente des Arbeitens im späteren Berufsleben, in dem Teamfähigkeit eine immer größere Rolle spielt, wird im Fall der studentischen Ausbildung auch durch die Nutzung elektronischer Lernumgebungen nicht nachteilig beeinflusst.
- Die Ideenproduktion der Lerner wird durch die Diskussion mit anderen Lernern angeregt. Auch nichttriviale Lösungsansätze können durch gezielte Fragestellungen beziehungsweise Informationsvermittlung durch den Lehrer gemeinsam entwickelt werden.
- Das Artikulieren der erzielten Ergebnisse und der noch offenen Fragen trainiert die Fähigkeit des Lerners sich zu präsentieren.
- Eine Aufteilung in kleinere Lernergruppen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass sich auch Lerner am Wissensaustausch beteiligen, die sich bezüglich der Beteiligung als eher als zurückhaltend bezeichnen lassen. Eine anonyme Form der Kommunikation kann diesen Prozess unter Umständen noch erhöhen.
- Phasen des gemeinsamen Lernens erhöhen die Transparenz des Wissens eines Lerners. Der Lerner erkennt eigene Wissenslücken aber auch Fortschritte, die er im Laufe des Lernprozesses erzielt hat.

Die oben aufgeführten Möglichkeiten spiegeln Methoden des *Anchored Instruction* Modells wider, die sich in der dritten Stufe der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren integrieren lassen. Neben den Ansätzen des von Bransford entwickelten didaktischen Modells lassen sich aber auch Methoden der *Goal-Based Scenarios* in Lernszenarien abbilden, in der das Erlangen von Anwendungswissen durch so genanntes *Learning by Doing* gefördert wird. Die Methode, die sich auf die Aussage stützt, dass sich ein nachhaltiger Lernerfolg am besten einstellt, wenn die Erwartungshaltung des Lerners enttäuscht wird, kann durch das Provozieren einer falschen Vorgehensweise umgesetzt werden. Das anschließende Diskutieren der Fehlerursache und die Erarbeitung des richtigen Lösungsweges kommt der Forderung der Methode des *Learning by Doing* in *Goal-Based Scenarios* nach.

4.4 Anwendung des 3-Stufen-Modells in der Aus- und Weiterbildung

Der vorangegangene Abschnitt führte das 3-Stufen-Modell ein, welches auf der Abfolge von Vorlesung, Übung und Projektarbeit basiert. Diese für die studentische Ausbildung standardisierte Vorgehensweise bedarf der Überprüfung bezüglich ihrer Anwendbarkeit in der Weiterbildung, die sich, bedingt durch das unterschiedliche Vorwissen und einem stärkerem Fokus auf die praxisorientierte Anwendbarkeit des Wissens, von der universitären Ausbildung unterscheiden kann. Abbildung 4.9 zeigt das veränderte didaktische Zusammenspiel auf, das sich aus einer Fokussierung auf die Anwendbarkeit des Wissens und damit auf die zweite Stufe im Modell der Wissensvermittlung verlagert (vergleiche Abbildung 4.1).

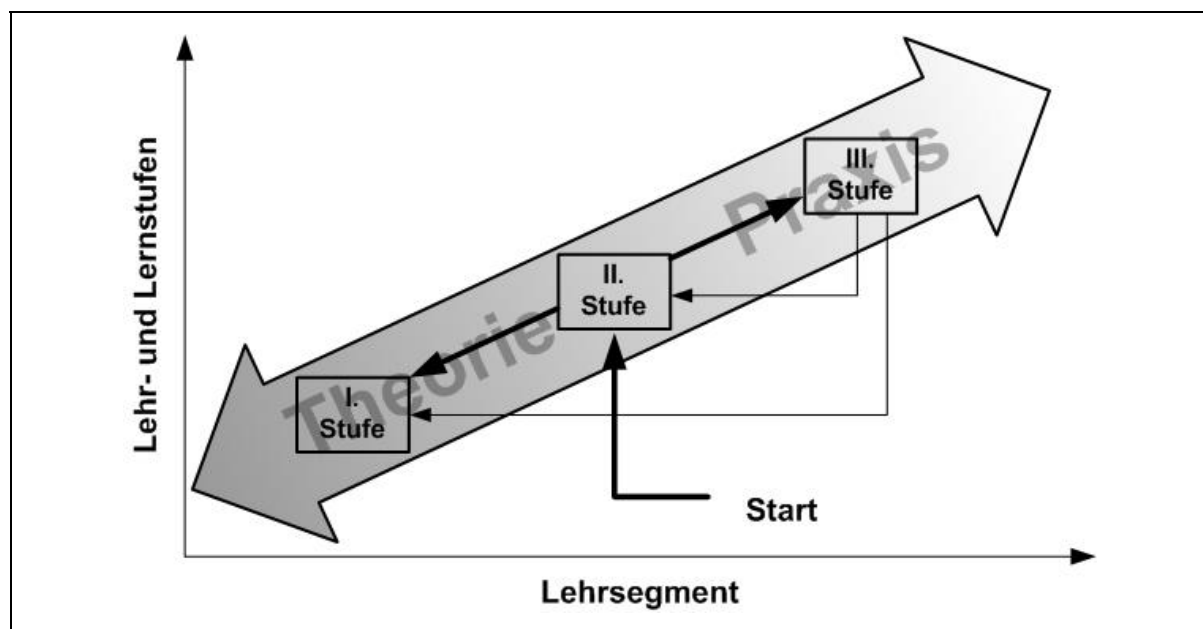


Abbildung 4.9: Verändertes didaktisches Zusammenspiel der Stufen in der Weiterbildung

Die Verlagerung des Startpunktes der Wissensvermittlung eines Lehrsegmentes in die zweite Stufe müsste im Bezug zur Vermittlung deklarativer Anteile berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit bestünde in der Form, notwendiges Vorwissen auszuweisen, so dass dieses bei Bedarf vom Lerner nachgearbeitet werden kann. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist die im Vorfeld beschriebene Schwierigkeit im Umgang mit elektronischen Lernumgebungen, die sich insbesondere in der Weiterbildung durch den Anteil älterer Teilnehmer manifestiert. Eine weitere Möglichkeit, deklaratives Wissen im geänderten Modell nach Abbildung 4.9 für die Weiterbildung zu vermitteln, wäre durch die Anreicherung der Kurzinformationen um detaillierte Wissensseinheiten gegeben. Auch diese Möglichkeit revidiert die Aussagen bezüglich der Schwierigkeiten der Benutzer im Umgang mit dem System nicht. Hinzu kommt die

Tatsache, dass sich durch die unterschiedlichen Ausprägungen der Wissensvermittlung der zweiten Stufe die Situation ergibt, Inhalte getrennt für die studentische Ausbildung und für die berufliche Weiterbildung vorhalten zu müssen, was mit der Zielsetzung der Entwicklung eines situationistischen Modell für die Aus- und Weiterbildung nicht vereinbar ist.

Die Lösung des Problems, das maßgeblich durch die unterschiedliche Zielsetzung der Lehre entsteht, nutzt das beschriebene 3-Stufen-Modell, erweitert jedoch die Sequenzierung durch die Einführung von Phasen, die unterschiedliche Lehr- und Lerneinheiten gruppieren. Die Kombinationsmöglichkeiten der Lehrelemente verschiedener Stufen ergeben sich durch den Fokus der angestrebten Wissensvermittlung einer Lehrphase. Wie die zuvor zur Stufenentwicklung herangezogene Unterscheidung zwischen den Formen des deklarativen, prozeduralen und konditionalen Wissens ist auch jede Phase der Wissensvermittlung geprägt von der Zuordnung zu einer bestimmten Wissensform. Eine sich hieraus ergebende Möglichkeit der Zusammensetzung der drei Phasen zur Wissensvermittlung ist in Abbildung 4.10 dargestellt. Die erste Phase, deren Fokus auf der Vermittlung des deklarativen Wissens liegt, kombiniert Lehreinheiten der ersten Stufe mit einer Übungseinheit der zweiten Stufe. Die zweite Phase, welche die Anwendbarkeit des Wissens fokussiert, integriert in der dargestellten Untergliederung eines Lehrsegmentes alle drei Stufen der Wissensvermittlung. Zur Zielerlangung werden hierbei vorrangig Übungseinheiten der zweiten Stufe herangezogen, die sich bezüglich der Übung der ersten Phase aber auch untereinander wie folgt unterscheiden: Im Gegensatz zur Übung der ersten Phase, in welcher vorrangig Standardvorgehensweisen eingeübt werden wie beispielsweise den korrekten Gebrauch von Formeln, die in den vorangegangenen Lehreinheiten der Stufe 1 abgehandelt wurden, sind die Übungen der zweiten Phase in ihrem Aufbau komplexer. Sie kombinieren einzelne Handlungsweisen zu Nachweisverfahren, die im Laufe der Übungen der zweiten Phase stetig an Anspruch zunehmen. Neben dem höheren fachlichen Anspruch der Übungsszenarien unterscheiden sich die Übungen der zweiten Phase zusätzlich durch den Grad der Hilfestellung, die von Übungsszenario zu Übungsszenario in ihrer Ausführlichkeit abnimmt und den Übergang zur Steuerung des Lernprozesses durch den Lerner selbst einleitet. Durch eine in die zweite Phase der Wissensvermittlung optional eingebundene Lerneinheit der dritten Stufe kann der Prozess der Verlagerung der Steuerung zusätzlich intensiviert werden, wobei der wissensvertiefende Aspekt der Lerneinheit der dritten Stufe maßgeblich ist. In der abschließenden dritten Phase ist die eingebundene Lerneinheit der dritten Stufe im Vergleich zur Lerneinheit der dritten Stufe, die in Phase zwei integriert ist, zum einen von größerem Umfang, was sich durch die Balkenbreite am linken Rand der Darstellung ablesen lässt, und zum anderen durch die verstärkte Nutzung

von kommunikativen Komponenten bezüglich der didaktischen Ziele unterschiedlich ausgerichtet.

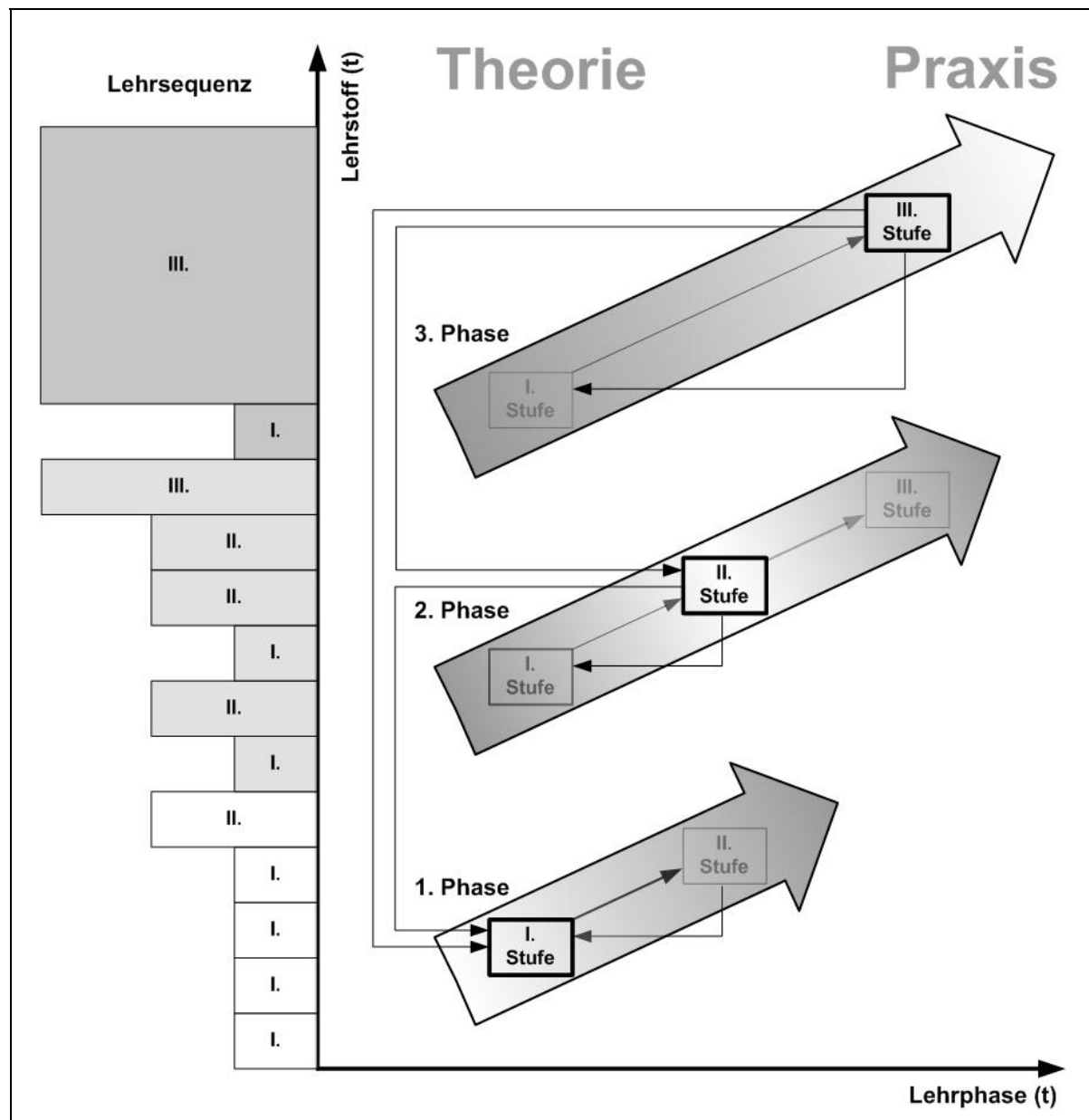


Abbildung 4.10: Die drei Phasen der Wissensvermittlung

Abbildung 4.10 lässt erkennen, dass jede Phase durch Lerneinheiten der Stufe 1 eingeleitet wird. Diese vermitteln unter der Beachtung der nachfolgenden Lerneinheiten notwendiges fachliches Wissen, das sich in der Regel durch zunehmende Praxisorientierung auszeichnet. Beziehungen zu Lerneinheiten, die in Abhängigkeit zur aktuellen Einheit stehen und vorrangig in der Form deklarativer Wissensseinheiten im Lernsystem integriert sind, werden dem Lerner aufgezeigt, so dass dieser bei Bedarf das entsprechende Wissen abrufen kann. Dies gilt neben der Auflistung der Beziehungen bezüglich fachlicher Wissensseinheiten auch für Übungseinheiten, die notwendiges Anwendungswissen für Lernszenarien der dritten Phase beinhalten.

Die in diesem Kapitel beschriebene Aufteilung der fachlichen Wissensvermittlung in drei Phasen lässt sich als differentiell-deduktive Vorgehensweise deklarieren: Übungseinheiten der zweiten Phase vermitteln das Anwendungswissen vom Einfachen zum Komplexeren (differentiell), bevor Lerneinheiten der dritten Phase von einer allgemeinen zur besonderen Problemstellung respektive Lösung übergehen (deduktiv). Die hierbei zum Einsatz kommenden technischen Komponenten zur elektronischen Wissensvermittlung sind bezüglich des Zeitpunkts der ersten Verwendung ebenfalls differentiell angeordnet, was sich durch die zunehmenden Anforderungen an den Lerner im Bezug auf den Umgang mit der elektronischen Lernumgebung widerspiegelt. Es handelt sich folglich nicht um die Festlegung auf nur eine didaktische Grundsatzentscheidung mit starrer Ausprägung bezüglich der lerntheoretischen Dimensionen, die unterschieden werden, vielmehr variieren die Designentscheidungen in Abhängigkeit des Fortschritts im Lehrstoff. Molz unterscheidet sieben weitgehend unabhängige Dimensionen [MOL2004], die nachfolgend aufgeführt werden, wobei die zeitliche Veränderung des didaktischen Designs im 3-Stufen-Modell für die Aus- und Weiterbildung erläutert wird:

1. Die *Organisation der Informationsdarbietung* ist in der ersten Phase der Wissensvermittlung der curricularen Lehre angeglichen. Die hierarchische Struktur der Wissensseinheiten wird erst im Verlauf der zweiten Phase aufgebrochen, in der die zur Lösung der gestellten Aufgabe notwendigen Informationen problembasiert dargeboten werden.
2. Das *Abstraktionsniveau* des Inhaltes der Wissensseinheiten wird nach Möglichkeit von Beginn an kontextbezogen dargestellt. Abstrakte Wissensseinheiten der ersten Stufe, deren Vermittlung im situativen Kontext nicht immer leistbar ist, werden durch den in der Einführungsphase hergestellten Bezug zu bekannten Sachverhalten verdeutlicht.
3. Die *Wissensanwendung* wird vorrangig in der zweiten und dritten Phase vermittelt. Hierbei ist der Übergang zwischen dem Nachvollziehen von Lösungswegen und aktiver Anwendung durch den Lehrer in der zweiten Stufe verankert, in welcher der Lerner im ersten Übungsszenario der zweiten Phase detaillierte Anweisungen vom System erhält, bevor er Schritt für Schritt mehr Eigenständigkeit in den weiteren Übungsszenarien aufweisen muss, um die Aufgabe zu lösen.
4. Parallel mit dem unter Punkt 3 beschriebenen Übergang der Wissensanwendung wird die *Steuerungsinstanz* des Lernprozesses ebenfalls schrittweise vom Lernsystem an den Lerner übertragen, bis dieser in der dritten Phase der Wissensvermittlung vollständig an ihn übergegangen ist.

5. Die *Kommunikationsrichtung* stellt sich, bedingt durch die geforderte hohe Interaktivität zwischen System und Lerner, von Beginn an als eine Zwei-Wege-Kommunikation dar: Der Lerner wird in der ersten als auch in der zweiten Stufe von Lerneinheiten automatisiert auf Fehler hingewiesen. Zusätzlich werden dem Lerner Informationen und Hilfen angeboten, die ihn zur Lösung befähigen.
6. In enger Beziehung mit den Punkten der Wissensanwendung und der Steuerungsinstanz steht der Aspekt der *Art der Lerneraktivität*, die sich im Verlauf eines Lernsegmentes erhöht. Beginnend mit dem vom Lerner abzuarbeitenden Test der ersten Stufe wird eine stetig höhere Aktivität vom Lerner abgefordert, um die gestellte Aufgabe zu lösen.
7. Die *Sozialform des Lernens* variiert zwischen sozial isoliertem Lernen und kooperativem Lernen. Die negativ belastete Form des sozial isolierten Lernens wurde hierbei bewusst in den ersten zwei Stufen der Wissensvermittlung integriert, um ein eigenständiges Lernen zu ermöglichen. Ausgeglichen wird diese Art des Lernens durch die intensive Nutzung von Kommunikationskomponenten, die in der dritten Stufe der Wissensvermittlung zum Einsatz kommen.

Die oben beschriebenen didaktischen Merkmale der elektronischen Lernumgebung verdeutlichen, dass der Lerner schrittweise in den Umgang mit multimedialen Lernsystemen vertraut gemacht wird, sowohl in fachlicher als auch technischer Hinsicht. Die Strukturierung des Wissens in drei Stufen und Sequenzierung dieser in drei Phasen in Kombination mit einer sich langsam steigernden Anforderung bezüglich des Umgangs mit dem System ermöglicht den Einsatz der Lernumgebung sowohl im Bereich der studentischen Ausbildung als auch im Bereich der beruflichen Weiterbildung.

5 Integration virtueller Gebäude in der elektronischen Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren

5.1 Einleitung

Zur anschaulichen Verknüpfung von Theorie und Praxis stellen multimediale Elemente wie Bilder und Animationen zwar eine große Bereicherung dar, reichen aber nicht aus, wenn es um die Vermittlung von praxisrelevanten Berechnungen und Nachweisverfahren geht. Als Schnittstelle zwischen abstraktem Wissen und anwendungsorientiertem Wissen werden im entwickelten situationistischen Modell für die Aus- und Weiterbildung im Bauwesen virtuelle Gebäude herangezogen, an welchen sowohl fachliche Aspekte verdeutlicht als auch Nachweisverfahren eingeübt werden können. Nachfolgend wird die didaktische Motivation der Integration von virtuellen Gebäuden im 3-Stufen-Modell erläutert. Die informationstechnischen Anforderungen und zugehörigen Lösungen an die zu integrierenden virtuellen Gebäude schließen das Kapitel ab.

5.2 Virtuelle Gebäude im 3-Stufen-Modell

Das in Kapitel 4 beschriebene didaktische Modell für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren beschreibt den Lehr- und Lernprozess als Kombination von Lehrmodellen, die entsprechend ihrer Eignung in einer Lerneinheit zur Anwendung kommen. Das Ziel, anwendbares Wissen anstelle von „trägem Wissen“ zu generieren, wird im entwickelten Modell durch die Integration von praxisrelevanten Übungen und Anwendungen im situationistischen Lernszenario verfolgt. Die Vermittlung von praxisnahem Wissen, das im 3-Stufen-Modell vorrangig in den letzten beiden Stufen verankert ist, erfolgt durch die Einbettung der Wissenseinheiten in den Lernszenarien nach der Methode des *Anchored Instruction*. Als narrativer Anker wird neben der Beschreibung eines konkreten Problems in Textform ein virtuelles Gebäude herangezogen, an welchem der skizzierte Sachverhalt veranschaulicht wird und das als Basis der Bearbeitung der im Lernszenario hinterlegten Aufgabenstellung dient. Das in der Lernumgebung integrierte virtuelle Gebäude zeichnet sich durch die Möglichkeit der Interaktion mit dem Lerner aus, der auf Parameter und Sichten des gesamten Gebäudes Zugriff hat aber auch einzelne Bauteile bearbeiten kann. Die Nutzung eines virtuellen Gebäudes, das im Gegensatz zur reinen Darstellung durch Bild- und Videomaterial bearbeitet werden kann, verstärkt lernprozessfördernde Eigenschaften wie Motivation und Aufmerksamkeit und unterstützt den Lerner beim Wissenstransfer von abstraktem Wissen hin zur praxisorientierten Anwendung des Wissens.

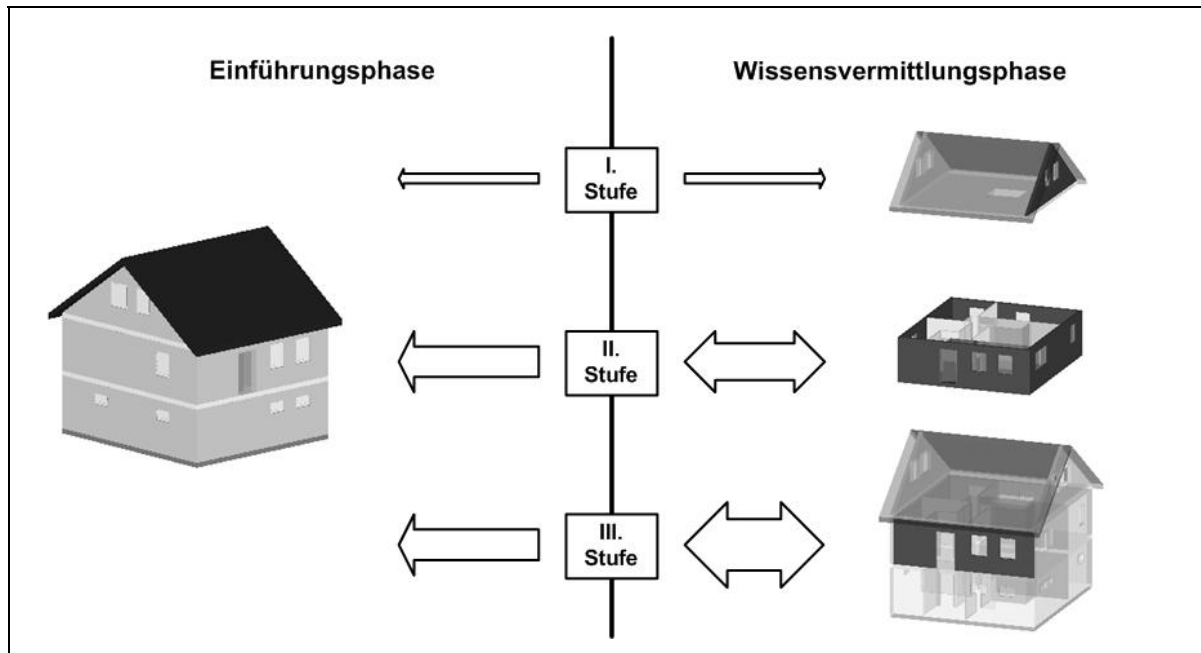


Abbildung 5.1: Relevanz des virtuellen Gebäudes in der Einführungsphase und der Wissensvermittlungsphase

Die Relevanz der virtuellen Gebäude im multimedialen Lernszenario steht in Abhängigkeit zu den Stufen der Wissensvermittlung, die zusätzlich unterteilt sind in Einführungsphase und Wissensvermittlungsphase (siehe Abbildung 5.1):

Aus Gründen der Wiederverwertung von Wissensbausteinen wird das zu vermittelnde deklarative Wissen der ersten Stufe vorrangig in abstrakter Form dargeboten. Um den Lehrstoff dennoch mit Informationen anzureichern, die das Verständnis im Bezug zur Anwendbarkeit des Wissens fördern und praxisrelevante Zusammenhänge aufzeigen, bietet sich die Einführungsphase eines Lernszenarios an, entsprechende Aspekte am virtuellen Gebäude zu veranschaulichen. Die Wissensvermittlungsphase selbst ist, ebenfalls bedingt durch die feingranulare Strukturierung der Wissensbausteine, nur in Sonderfällen sinnvoll durch die Integration von virtuellen Gebäuden zu erweitern, in der Regel reichen hier Bilder als Anschauungsmaterial aus. Lediglich Lerneinheiten mit hohem Praxisbezug oder Lerneinheiten, die durch Beispielrechnungen erweitert werden, plädieren für die Integration von virtuellen Gebäuden in Lernszenarien der ersten Stufe.

In der zweiten Stufe der Wissensvermittlung treten die virtuellen Gebäude sowohl in der Einführungsphase als auch in der Wissensvermittlungsphase in den Vordergrund. Die Einführungsphase veranschaulicht unter Zuhilfenahme der virtuellen Gebäude die Problemstellung, die den Ausgangspunkt der prozeduralen Wissensvermittlung repräsentiert. Die dynamische Darstellung durch automatisierte Rotation und Zoomen authentisch dargestellter Gebäude in Kombination mit erläuternden Texten

und das skizzieren der Aussicht, dass der Lerner an einem real existierenden Gebäude lernen wird, erhöht das Interesse für die Lerneinheit in erheblicher Weise. In der Phase der Wissensvermittlung, in welcher der Lerner in der Wissensanwendung unterrichtet wird, tritt das Gebäude neben der Eigenschaft als narrativer Anker in der problemorientierten Wissensvermittlung darüber hinaus als Schnittstelle zwischen Lerner und den zur Anwendung kommenden Applikationen auf.

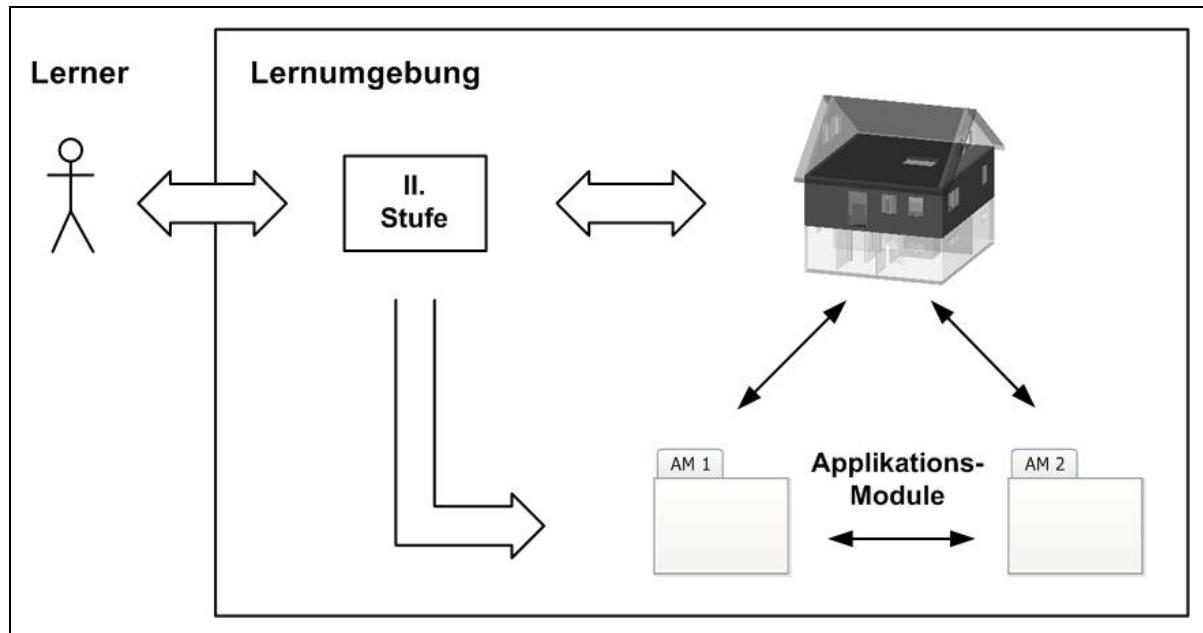


Abbildung 5.2: Interaktionsmodell Lerner-Lernumgebung

Das in Abbildung 5.2 dargestellte Interaktionsmodell zeigt, dass der Lerner vorrangig über das in der Lernumgebung integrierte virtuelle Gebäude mit den im Übungsszenario zur Anwendung kommenden Applikations-Modulen interagiert. Der Datenaustausch zwischen dem Lernszenario der Stufe zwei, dem virtuellen Gebäude und den Anwendungen im Übungsverlauf findet hierbei bidirektional statt: Entsprechend der Aufgabenstellung wird das Gebäudemodell vom Lerner parametrisiert, bevor im nächsten Schritt die angebundenen Anwendungen die zur Berechnung notwendigen Parameter wieder auslesen. Das von den Anwendungen generierte Ergebnis wird in das Gebäudemodell zurückgeschrieben, von entsprechenden Komponenten der zweiten Stufe überprüft und dem Lerner übermittelt.

Applikationsspezifische Parameter, die nicht im Gebäudemodell verankert sind, werden vom Lerner direkt über entsprechende Eingabemasken der Applikations-Module eingegeben, was durch die einfach gerichtete Beziehung zwischen der Lernstufe und den Applikations-Modulen zum Ausdruck gebracht wird. Weiterhin bringt die direkte Verbindung zwischen Lehrstufe und Applikations-Modulen zum Ausdruck, dass neben fachlicher Information auch Anwendungswissen vermittelt wird, das sich mit der

Bedienung von Applikationen auseinandersetzt, die im fachlichen Kontext eines Lernsegmentes zur Anwendung kommen.

Die dritte Stufe der Wissensvermittlung entspricht im Bezug zur Einführungsphase dem der zweiten Stufe. Die in der Abbildung im Vergleich zur zweiten Stufe größere Relevanz in der Phase der Wissensvermittlung begründet sich wie folgt: Der Schwerpunkt der Handhabung relevanter Nachweismodule in der zweiten Stufe der Wissensvermittlung tritt in den Lernszenarien der dritten Stufe in den Hintergrund, da dieses Wissen als bekannt vorausgesetzt wird. Folglich orientieren sich die Lernszenarien der Stufe der konditionalen Wissensvermittlung mehr an den fachlichen Hintergründen der geschilderten Problemstellungen statt die Vermittlung von Arbeitsabläufen darzulegen. Ein weiterer Grund, weshalb die Integration virtueller Gebäude im Gegensatz zur zweiten Stufe von größerer Bedeutung ist, steht im Zusammenhang mit der Projektarbeit, die in der dritten Stufe der Wissensvermittlung fokussiert wird: Der Projektarbeit liegt stets ein authentisches Gebäude zugrunde, das vollständig bearbeitet werden muss, wohingegen in Übungen der konditionalen Wissensvermittlung Szenarien möglich sind, die in mathematische Verfahren einführen, die außerhalb eines Gebäudekontextes vermittelt werden können oder sich nur mit bestimmten Zonen eines Gebäudes befassen.

Die Ausführungen des letzten Abschnittes verdeutlichen den Stellenwert virtueller Gebäude im elektronischen Lehr- und Lernprozess für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren, lassen aber auch die beträchtlichen Anforderungen erkennen, die an ein zu implementierendes Gebäudemodell gestellt werden. Insbesondere die dargestellten Interaktionen zwischen Lerner und Lernumgebung der Übungsszenarien der zweiten Stufe weisen auf technische Randbedingungen hin, die in einem zu definierenden Modell berücksichtigt werden müssen. Der nachfolgende Abschnitt beschreibt ein Gebäudemodell, das den vorangegangenen Anforderungen gerecht wird.

5.3 Gebäudedatenmodell

Zur einfachen Nutzung des Gebäudemodells wird dieses als XML-Dokument beschrieben. Der Vorteil, der sich durch die Nutzung einer XML-basierten Datei ergibt, besteht in der unkomplizierten Austauschbarkeit der Dokumente zwischen den verschiedenen Applikations-Modulen der Lernumgebung, die mittels einer Vielzahl vorhandener Technologien das XML-Dokument auswerten und bearbeiten können [MCL2000]. Neu zu entwickelnde Applikationen können durch das bekannte XML-Schema das eigene Datenmodell auf das in XML beschriebene Gebäudedatenmodell abstimmen, bestehende Applikationen können durch Erweiterungen um entspre-

chende Schnittstellen für den Datenaustausch nachträglich in die Lernumgebung eingebunden werden.

Das Gebäudedatenmodell unterteilt sich in zwei Abschnitte, die sich aus der Verwendung des virtuellen Gebäudes im 3-Stufen-Modell ableiten lassen. Der erste Abschnitt beschreibt die zur dreidimensionalen Darstellung notwendigen Elemente. Der zweite Abschnitt erweitert das Modell um fachspezifische Abschnitte, die zur Anwendung im fachlichen Kontext erforderlich sind.

5.3.1 Graphische Informationen im Gebäudedatenmodell

Die Lernumgebung stellt kein Modul zur Verfügung, das zur Konstruktion von Gebäuden herangezogen werden kann. Vielmehr bedient es sich der Funktionalität von CAD-Programmen, die sich zur Konstruktion von dreidimensionalen Gebäuden eignen und weiterhin über eine Datenexportfunktion verfügen, mit deren Hilfe das Gebäude im Zeichnungsaustauschformat DXF (DXF: Drawing Interchange Format) [RUD2000] abgespeichert werden kann. Zur Verwendung des DXF-codierten Gebäudes in der Lernumgebung wird diese Datei in einer ersten Transformationsstufe in ein XML-Dokument überführt, das in seiner Strukturierung dem X3D-Standard (X3D: Extensible 3D) [X3D2006], [WAL2001] gleicht (siehe Abbildung 5.3). Die Transformation selbst wird durch ein im Rahmen der Entwicklung der Lernumgebung erstelltem Applikations-Modul vollzogen, das in der Programmiersprache Java erstellt wurde und wahlweise als Web-Service über das Internet oder als clientseitige Applikation genutzt werden kann.

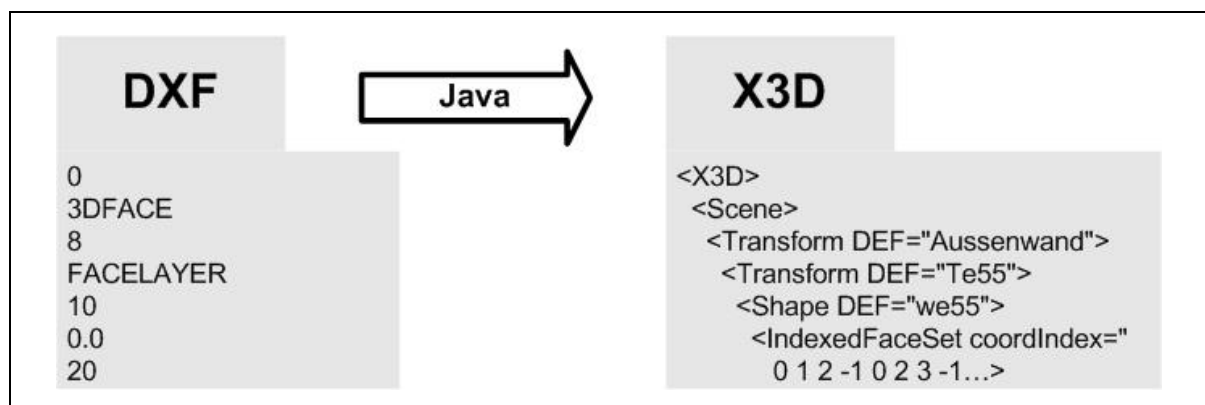


Abbildung 5.3: Erste Transformationsstufe

Die hierarchische Strukturierung des X3D-Dokumentes orientiert sich an der Layer-technik der zugrunde liegenden Konstruktion: Alle Bauteile, die im CAD-System einem Layer zugeordnet wurden, sind im X3D-Dokument als Kindelemente des Layerknotens ansteuerbar. Somit ist es möglich, komplette Layer anzusteuern, um diese

im Lernszenario nach Bedarf ein- oder auszublenden. Neben dem Zugriff auf den gesamten Layer ist es aber auch möglich, Bauteile unabhängig ihrer Layerzuordnung auszulesen und im Lernszenario zur Anzeige zu bringen beziehungsweise hervorzuheben. Abbildung 5.4 verdeutlicht, wie mittels der Bauteilbezeichner Bauteile in einem Lernszenario der ersten Stufe gemeinsam hervorgehoben werden können um fachliche Aspekte visuell zu unterstützen.

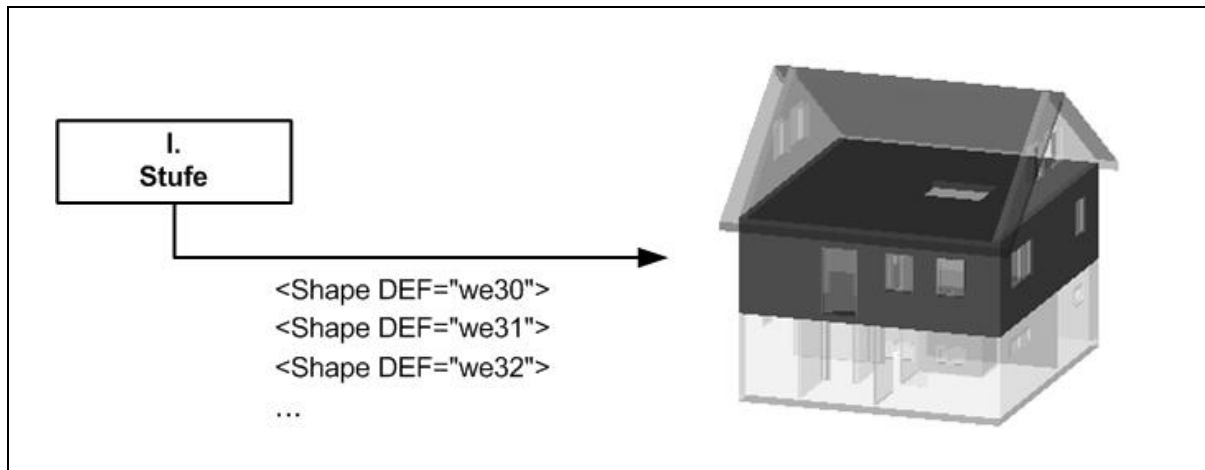


Abbildung 5.4: Visualisierung der thermischen Umfassungsfläche eines Einfamilienhauses bei nicht ausgebautem Dach und unbeheiztem Keller in einem Lernszenario der Stufe 1

Auch ohne fachspezifische Elemente im Gebäudemodell ist der zur Visualisierung des Gebäudes verantwortliche Abschnitt des Gebäudemodells durch geeignete Kombination von erläuternden Texten in Lernszenarien ein eindrucksvolles Mittel, um Sachverhalte praxisnah zu veranschaulichen.

5.3.2 Fachspezifische Erweiterungen des Gebäudedatenmodells

Zur Nutzung des virtuellen Gebäudes als Schnittstelle zwischen Lerner und den zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Nachweismodulen bedarf es einer Erweiterung des graphischen Gebäudedatenmodells um fachliche Aspekte. Hierfür wird in einer zweiten Transformationsstufe das X3D-Dokument um eine Gebäudestruktur erweitert, in der für jedes visuelle Bauteil ein fachlicher Repräsentant eingefügt wird. Der Transformationsprozess der zweiten Stufe wird nicht wie die erste Transformationsstufe durch eine Applikation sondern durch ein XSLT-Skript gesteuert. Die Vorteile, die sich aus der Nutzung dieser Technologie in der zweiten Transformationsstufe ergeben, lassen sich wie folgt beschreiben: Zum einen ist die Auslagerung der Transformationsregeln in ein lesbares Format mit einer einfachen Wartung verbunden, die auch von Personen ohne fundierte Programmierkenntnisse geleistet werden kann. Zum anderen ergibt sich die Möglichkeit, bedingt durch das XML-basierte Ausgangsformat der virtuellen Gebäudedarstellung, Transformationsskripte vorzuhalten, mit

deren Hilfe unterschiedliche fachliche Ausrichtung des Gebäudedatenmodells generiert werden können.

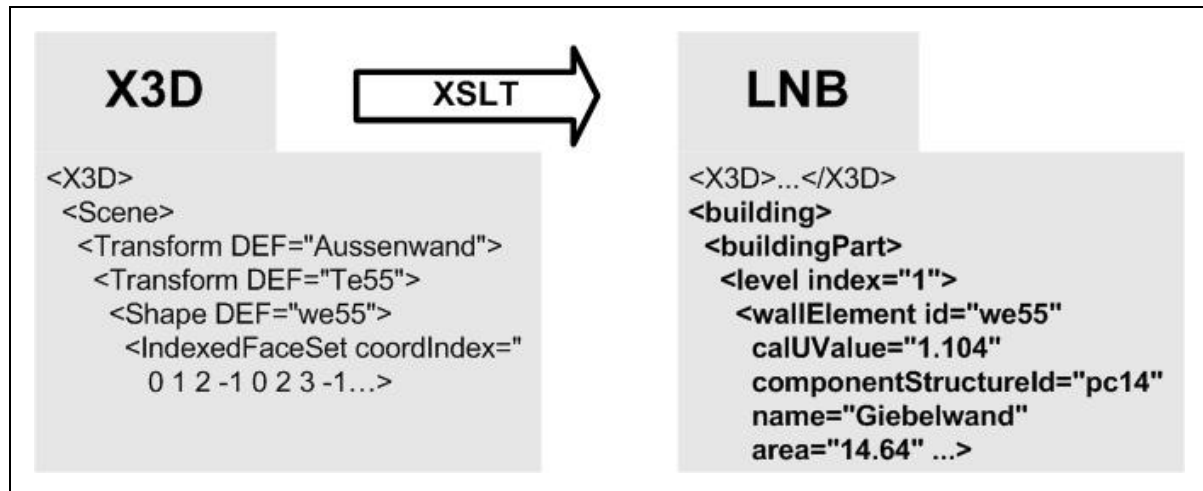


Abbildung 5.5: Zweite Transformationsstufe

Die Transformation in ein im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojektes *Multimediales Lernnetz Bauphysik* [LNB2002] entstandenes Datenformat [WAG2004] mit einer bauphysikalischen Ausrichtung ist in Abbildung 5.5 dargestellt: Die in X3D beschriebenen graphischen Gebäudeinformationen werden im zweiten Transformationsschritt um fachliche Elemente erweitert, die für eine Nutzung in einem bauphysikalischen Kontext notwendig sind. Die graphischen Beschreibungen im X3D-Abschnitt sind durch die gleiche Namensgebung mit den Bauteilelementen des fachlichen Abschnittes verknüpft, woraufhin eine eindeutige Zuordnung erfolgen kann. Die Unterscheidung unterschiedlicher Bauteilarten beziehungsweise die Zuordnung der Bauteile zueinander kann allerdings vom Transformationsprozess nur bedingt geleistet werden. Durch geschickte Einteilung der Layer im Konstruktionsprozess ist es zwar möglich, unterschiedliche Bauteilarten, wie beispielsweise Wände, Decken und Dächer automatisiert zu unterscheiden und erstellen zu lassen, das automatisierte Zuordnen bestimmter Bauteile zu fachlich relevanten Zonen oder eine einfache Zuordnung eines Fensters zu einer Wand hingegen ist nicht möglich. Hierfür ist es notwendig, in einem der zweiten Transformationsstufe nachgeschalteten Prozess mittels einer entwickelten Applikation entsprechende Zuordnungen zu definieren, bevor das Gebäudedatenmodell in einem Lernszenario der zweiten oder dritten Stufe des 3-Stufen-Modells eingesetzt werden kann.

Abbildung 5.6 skizziert die Verwendung des Gebäudedatenmodells in den Stufen zwei und drei, in denen das virtuelle Gebäude zur Applikationsintegration herangezogen wird. Die Applikations-Module lesen die zur Berechnung erforderlichen Elemente des XML-Dokuments aus, bearbeiten diese bei Bedarf und schreiben gege-

6 Implementierung des situationistischen Modells für die Aus- und Weiterbildung als modular erweiterbare Rahmenapplikation

6.1 Systementwurf einer netzwerkbasierten Rahmenanwendung

Die elektronische Lernumgebung wurde basierend auf dem didaktischen Konzept des 3-Stufen-Modells für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren als modular erweiterbare Rahmenapplikation konzipiert, deren Verteilung über das Internet realisiert wird [ULB2003]. Entgegen gängiger Lernsysteme, welche das Wissen rein browserbasiert vermitteln, kennzeichnet sich die entwickelte Rahmenapplikation dadurch aus, dass der Browser als Informationsmedium nicht die zentrale Komponente der Lernumgebung repräsentiert, sondern in ein Programm eingebettet ist, dessen Erscheinungsform und Handhabung dem einer Standardsoftware gleicht und wie diese auf dem Clientrechner installiert wird (siehe Abbildung 6.1).

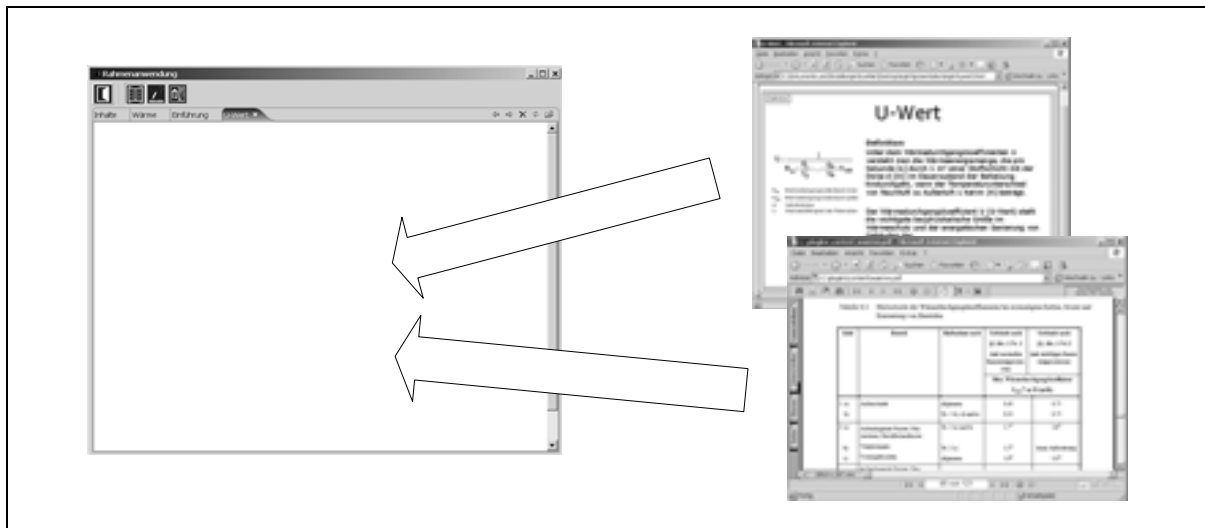


Abbildung 6.1: Integration des Browser in die modulare Rahmenanwendung

Die Umsetzung der Lernumgebung als Rich Internet Applikation mit eingebettetem Browser birgt neben der Dauerhaftigkeit der Anwendung durch die Installation der Anwendung eine Fülle von Vorteilen, die nachfolgend kurz dargestellt werden:

- Der Forderung einer intuitiven Bedienung der Lernumgebung kann durch die Implementierung einer Benutzerschnittstelle nachgekommen werden, welche herkömmlichen Programmen gleicht. Insbesondere der Lernergruppe von älteren Ingenieuren kann hierdurch der Einstieg in den Umgang mit der elektronischen Lernumgebung erleichtert werden.

- Die Interaktionsgrad mit dem Lernsystem kann durch das Erweitern der simplen Request-Response-Zyklen browserbasierter Lernumgebungen maßgeblich erhöht und vereinfacht werden.
- Durch die Nutzung geeigneter Techniken kann die Ausführungsgeschwindigkeit der Anwendung gesteigert werden. Plattformspezifische Technologien erhöhen neben der Ablaufgeschwindigkeit des Systems ebenfalls den Wiedererkennungseffekt mit herkömmlichen Anwendungen und wirken dadurch akzeptanzfördernd auf den Lerner ein.
- Abzubildende Inhalte sind nicht auf die Browsertechnologie beschränkt, da neben der Integration des Browser auch andere Module in das Lernsystem eingebunden werden können, die beliebige Inhalte zur Anzeige bringen können.
- Die zur Anwendung erforderlichen Ressourcen können von der Anwendung clientseitig verwaltet werden. Die Möglichkeit der lokalen Datenverwaltung erhöht insbesondere in Verbindung mit anderen Modulen der Lernumgebung die Performance des Zusammenspiels dieser untereinander.

Die obigen Aspekte verdeutlichen die positiven Eigenschaften, die durch die Umsetzung der Lernumgebung als Rich Internet Applikation, auch einfacher als Rich-Client [DAU2005] bezeichnet, genutzt werden können ohne auf die Methoden und Vorzüge klassischer Webanwendungen durch die Integration des Browsers als Bestandteil der Lernumgebung verzichten zu müssen.

Entsprechend der Methodik, die den Browser als wissensvermittelnde Komponente in die Lernumgebung integriert, stellt die Rahmenanwendung ein standardisiertes Verfahren zur Verfügung, das eine einfache Erweiterung der Funktionalität durch weitere Komponenten zur Wissensvermittlung und Wissensvertiefung ermöglicht. Der Funktionsumfang der Lernumgebung ist durch die integrierten Module im Verlauf einer Aus- beziehungsweise Weiterbildung nicht zwingend gleich, vielmehr variiert dieser in Abhängigkeit der Lernstufe, in der sich der Lerner befindet. Während Lernszenarien der ersten Stufe durchaus mittels eingebettetem Browser abbildbar sind, kommen Szenarien höherer Stufen nicht ohne zusätzliche Applikations-Module aus. Der Funktionsumfang der Lernumgebung im speziellen Lernszenario wird hierbei durch Konfigurationsdateien gesteuert, die auf die zu ladenden Module verweisen und von der Rahmenapplikation dynamisch eingebunden werden. Die notwendige Software- beziehungsweise Komponentenverteilung, die wie oben erwähnt durch das Internet erfolgt, wird durch die Java Web Start Technologie [JWS2006] realisiert und unter Zuhilfenahme von Abbildung 6.2 nachfolgend erläutert:

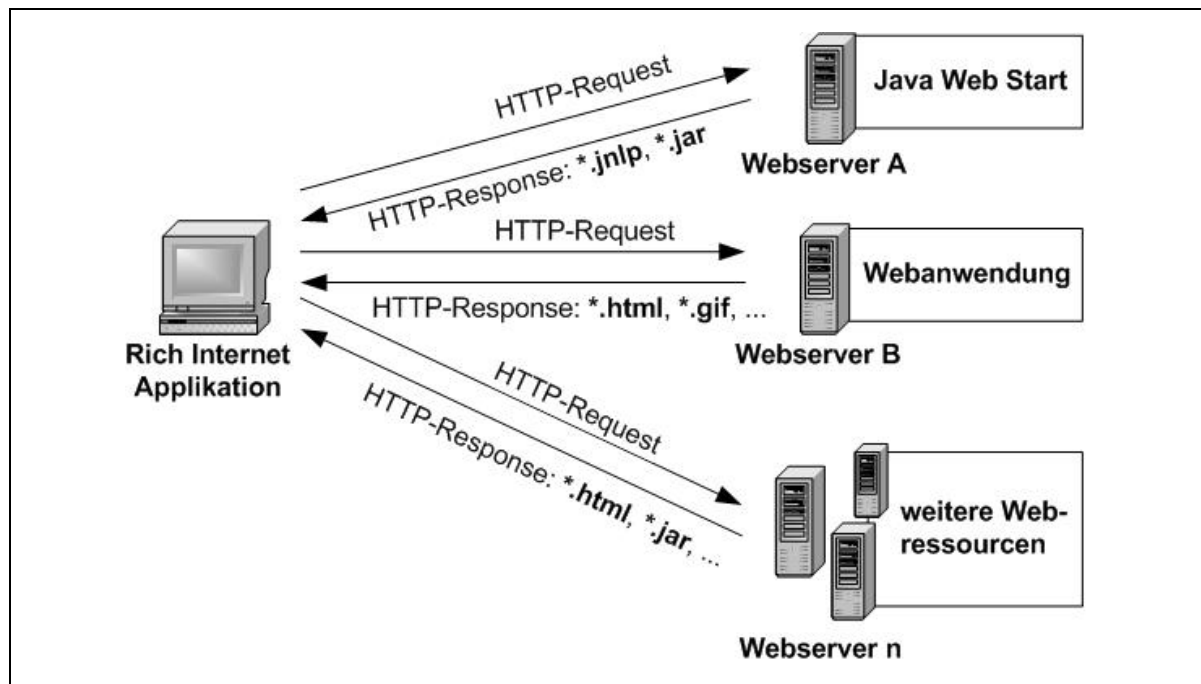


Abbildung 6.2: Software- und Komponentenverteilung der Lernumgebung im Internet

Steht auf dem Clientrechner die notwendige Java Web Start Technologie zur Verfügung, wird das Basispaket der Rahmenapplikation durch betätigen eines entsprechenden Links von Webserver A heruntergeladen und automatisch installiert. Der Umfang des Basispaketes wird durch eine Konfigurationsdatei mit der Endung `jnlp` definiert, welche die zu übertragenden Ressourcen, die in der Regel als komprimierte `jar`-Paketdateien vorliegen, bestimmt. Komponenten, die während der Benutzung der Lernumgebung den Funktionsumfang des Systems erweitern, werden ebenfalls durch Webserver A bereitgestellt und als `jar`-Paketdateien an den Clientrechner übertragen. Hierbei werden Module, die im Rahmen eines Lernszenarios bereits auf dem Clientrechner übertragen wurden, bei Wiederverwendung in einem anderen Lernszenario nicht erneut heruntergeladen, es sei denn, es liegen Veränderungen in den Modulen vor. Versionsunterschiede zwischen den auf Webserver A abgelegten Komponenten und den auf dem Clientrechner installierten Komponenten werden durch die Java Web Start Technologie erkannt und automatisiert behoben, was die Wartung der Lernumgebung sehr einfach gestaltet.

Die beschriebene Installation der Rahmenapplikation und Erweiterung dieser um Komponenten, die den Funktionsumfang der Lernumgebung vergrößern, wird durch Ressourcen realisiert, die auf Webserver A abgelegt sind. Diese auf dem Clientrechner installierten Dateien sind dauerhaft und auch funktionsfähig, wenn keine Internetverbindung zur Verfügung steht. Anders verhält es sich mit Ressourcen, die über Webanwendungen, im skizzierten Beispiel auf Webserver B, bereitgestellt werden. Die von Webserver B übertragenen Informationen stellen im Rahmen der Nutzung

der Lernumgebung als Aus- und Weiterbildungsplattform vorrangig Wissensbausteine als Text und Bild dar, die zu Lehrpfaden [SCM2003] serverseitig kombiniert werden und in der Stufe der deklarativen Wissensvermittlung zur Anwendung kommen. Die serverseitige Verarbeitung von Daten bedingt das Vorhandensein einer aktiven Internetverbindung, ebenso die Internetrecherche, die Bestandteil von Lernszenarien der dritten Stufe sein kann sowie der Einsatz von Kommunikationskomponenten, die zum kooperativen Lernen notwendig sind.

Die letztgenannten Aspekte der elektronischen Lehre zeigen auf, dass zur effektiven Nutzung elektronischer Lernumgebungen das Vorhandensein einer Internetverbindung essentiell ist, was aber nicht selten zu großen Problemen und zur Unzufriedenheit der Lerner führt: Mangelnde Verfügbarkeit von schnellen Internetverbindungen außerhalb des gewohnten Arbeitsplatzes verhindern das Lernen zu Zeitpunkten, die für viele Anwender günstig sind, beispielsweise während der Zugfahrt zur Ausbildungsstätte oder zum Arbeitsplatz. Große Datenmengen, die durch das Einbinden multimedialer Elemente wie Audio und Video in elektronischen Lernumgebungen anfallen und bei jedem Aufruf durch den Lerner erneut übertragen werden müssen, können den Lernprozess durch die zustande kommenden hohen Antwortzeiten des Lernsystems selbst an einem Arbeitsplatz negativ beeinflussen, der über eine schnelle Internetanbindung verfügt. Um dennoch eine hohe Nutzungsgarantie der elektronischen Lernumgebung gewährleisten zu können, bietet sich die Java Web Start Technologie an, neben den funktionalen Komponenten auch inhaltliche Komponenten zu verwalten beziehungsweise zu verteilen: Bei Bedarf wird es dem Lerner ermöglicht, Lerninhalte der ersten Stufe dauerhaft auf dem Clientrechner zu installieren, was die uneingeschränkte Nutzung der ersten beiden Stufen der 3-stufigen Wissensvermittlung ermöglicht und die Notwendigkeit einer Internetverbindung auf die Nutzung der elektronischen Kommunikation und die Internetrecherche beschränkt.

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben Grundeigenschaften und Funktionsweisen der implementierten Lernumgebung, die sich in Rahmenanwendung und Erweiterungs-Module untergliedern lässt.

6.1.1 Rahmenanwendung

Wie zuvor erläutert, deckt die Rahmenanwendung die Basisfunktionalität ab. Neben der Bereitstellung eines technischen Handlungsrahmens für Erweiterungen erfüllt sie ebenfalls didaktisch begründete Aspekte des 3-Stufen-Modells, welches die Wissensvermittlung gliedert in deklarative Wissensvermittlung, prozedurale Wissensvermittlung sowie konditionale Wissensvermittlung. Die in Kapitel 4 beschriebenen Abhängigkeiten der drei Stufen untereinander werden in der Rahmenanwendung durch

unterschiedliche Sichten berücksichtigt, zwischen denen der Lerner hin- und herwechseln kann. Als Sicht wird hierbei das Erscheinungsbild der Lernumgebung definiert, die sich je nach Stufe der Wissensvermittlung unterschiedlich darstellt. Abbildung 6.3 zeigt einen schematischen Aufbau der Rahmenanwendung, der sich in drei Fenster unterteilt. Während das Fenster, welches das interaktive virtuelle Gebäude darstellt, in jeder Stufe der Wissensvermittlung als zentraler Bestandteil der Lernszenarien erhalten bleibt, wechseln die Inhalte der anderen Fenster entsprechend der ausgewählten Sicht. Das Wechseln zwischen den verschiedenen Sichten wird durch die im oberen Bereich der Rahmenanwendung platzierten Bedienelemente ermöglicht. Hierbei bleiben die Inhalte der Fenster einer Sicht auch nach dem Wechsel in eine andere Sicht erhalten, so dass der Lerner nach dem Zurückwechseln in die Ausgangssicht im Lernszenario an gleicher Stelle vorfahren kann. Die in Kapitel 4 dargestellte Notwendigkeit des Zugriffs auf deklaratives Wissen während der Bearbeitung eines Lernszenarios der zweiten oder dritten Stufe kann somit auf einfache Art erfolgen, ohne den Übungsablauf des aktuell zu bearbeitenden Lern- beziehungsweise Übungsszenarios negativ zu beeinflussen.

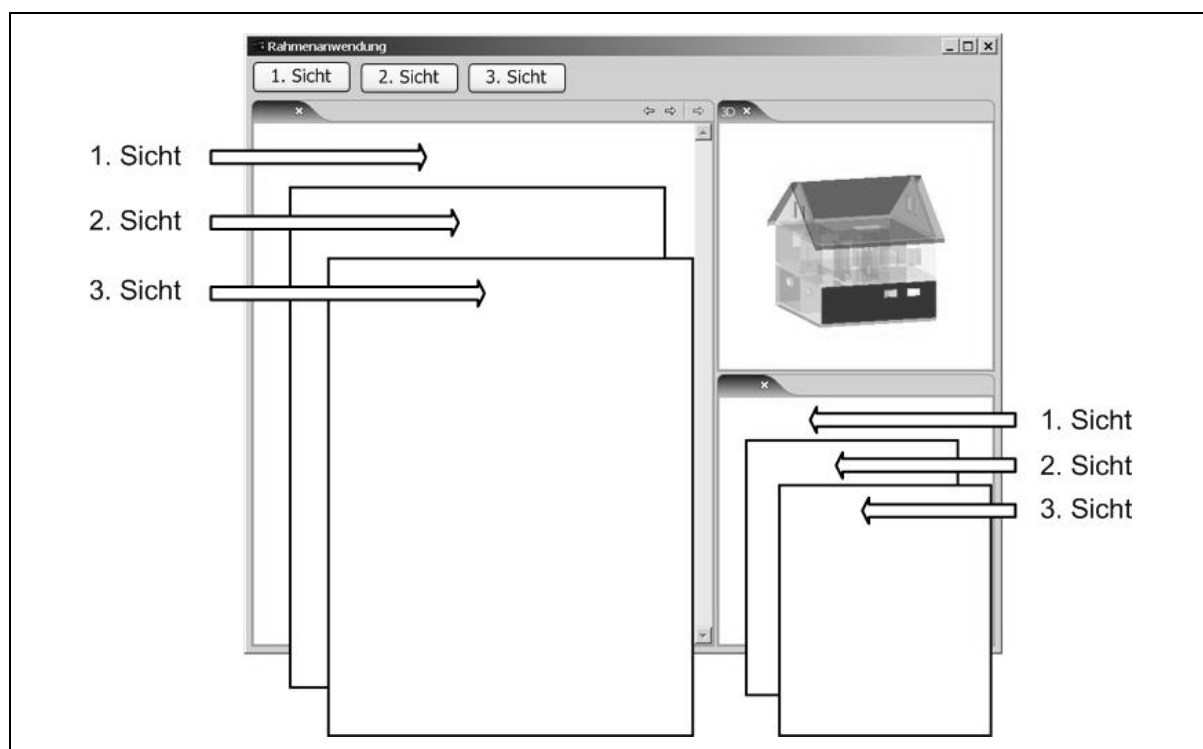


Abbildung 6.3: Drei Sichten der Rahmenanwendung zur 3-stufigen Wissensvermittlung

Der didaktisch begründete Aufbau der Rahmenanwendung, der das Erscheinungsbild der Lernumgebung prägt, wird durch Rahmenbedingungen den zu integrierenden Erweiterungen aufgezwungen, so dass ein einheitliches Bild der gesamten Lernumgebung entsteht. Realisiert wird dies durch die Bereitstellung von Schnittstellen,

die zum einen von den zu integrierenden Erweiterungen implementiert werden müssen und zum anderen durch Schnittstellen der Rahmenanwendung, über welche die Kommunikation der Erweiterungen mit der Rahmenanwendung erfolgen kann. Abbildung 6.4 zeigt ein Komponentenmodell, das die Abhängigkeit aus der Perspektive der Erweiterungen darstellt.

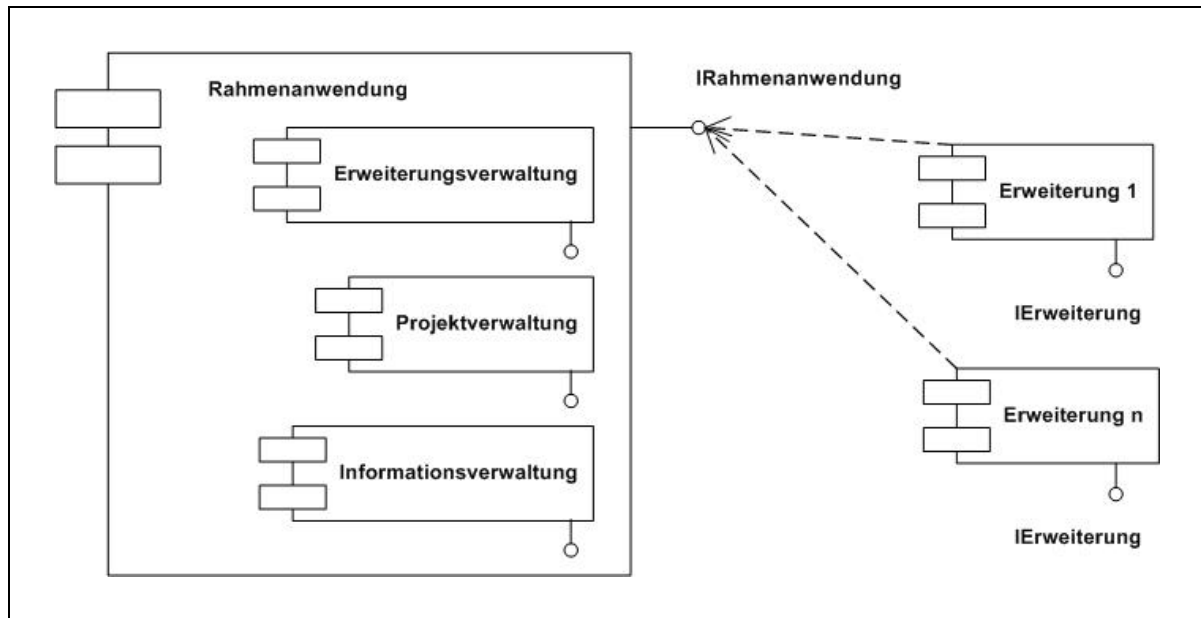


Abbildung 6.4: Abhängigkeiten durch Schnittstellen der Rahmenanwendung

Um mit der Rahmenanwendung zu interagieren, sei es bezüglich der Integration der Sicht der Erweiterungen in den Fenstern des Hauptrahmens oder dem Austausch von Daten, werden den Erweiterungen Schnittstellen angeboten, die auf entsprechende Funktionalität den Zugriff gewährleisten und zugleich steuern. Insbesondere sind es die drei Komponenten der Rahmenanwendung der Erweiterungsverwaltung, der Projektverwaltung und der Informationsverwaltung, die entsprechende Methoden nach außen zur Verfügung stellen:

- Die Erweiterungsverwaltung regelt Aspekte der Kommunikation zwischen dem Hauptrahmen und der Erweiterung aber auch zwischen den Erweiterungen untereinander. Zusätzlich ist sie verantwortlich für die Integration der Sichten der Erweiterungsmodule in den Hauptrahmen und für die Aktualisierung der jeweiligen Sichten während der Anwendung durch den Nutzer.
- Die Projektverwaltung steuert den Zugriff auf das zentrale Gebäudedatenmodell. Erweiterungen können durch Nutzung der Schnittstelle Daten aus dem Gebäudemodell auslesen, um diese zur Berechnung in eigenen Routinen heranzuziehen. Gegebenenfalls können Änderungen beziehungsweise Ergeb-

nisse der Berechnungen in das vom Hauptrahmen verwaltete Gebäudedatenmodell zurück geschrieben werden.

- Die Informationsverwaltung steuert die Anzeige der Erweiterungsmodule entsprechend der drei Sichten der Rahmenanwendung. Je nach Zugehörigkeit einer Erweiterung im Bezug auf die Stufe der Wissensvermittlung werden die Inhalte in den entsprechenden Fenstern platziert beziehungsweise aktualisiert.

In Abbildung 6.4 ist ersichtlich, dass die Funktionalität der Komponenten des Hauptrahmens den Erweiterungen mittels nur einer Schnittstelle zur Verfügung gestellt wird, die den Zugriff auf die Schnittstellen der jeweiligen Komponenten bündelt. Die Ursache für die Bündelung des Zugriffs auf die Rahmenanwendung in nur einer Schnittstelle liegt in der gewünschten Einfachheit der Implementierung von Erweiterungen, die den Entwicklungsprozess neuer Erweiterungsmodule überschaubar gestaltet.

6.1.2 Erweiterungen

Die Erweiterungen, welche vorrangig dafür verantwortlich sind, notwendige Funktionalität zur Vermittlung von anwendbarem Wissen in die Lernumgebung einzubringen, kommunizieren mit dem Hauptrahmen durch die im vorangegangenen Abschnitt erläuterte Schnittstelle der Rahmenanwendung. Um den Kommunikationsfluss in umgekehrter Richtung auf standardisierte Weise ermöglichen zu können, bedarf es einer Schnittstelle auf der Seite der Erweiterung. Die von jeder Erweiterung zu implementierende Schnittstelle gewährleistet neben der von der Rahmenanwendung initiierten Kommunikation den Datenaustausch der Erweiterungen untereinander, der über die Komponente der Erweiterungsverwaltung der Rahmenanwendung gesteuert wird (siehe Abbildung 6.5).

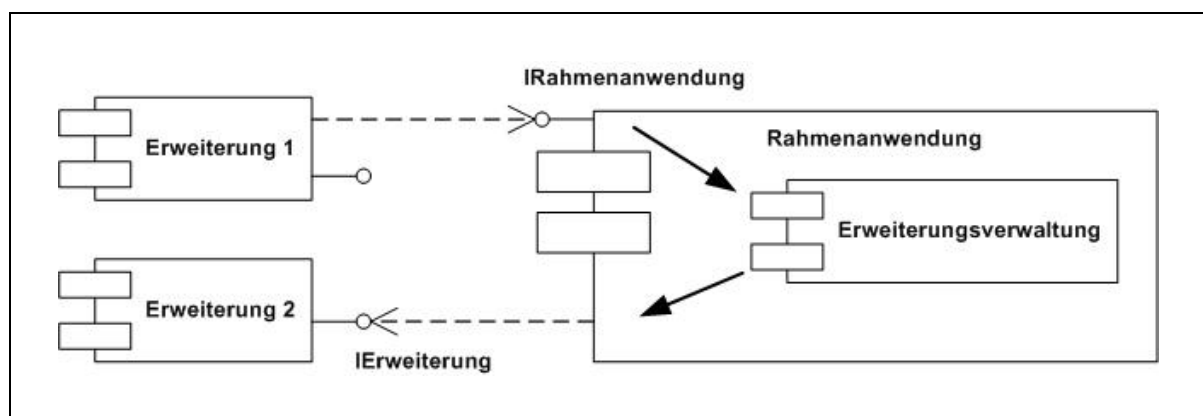


Abbildung 6.5: Kommunikation der Erweiterungen untereinander durch die Komponente der Erweiterungsverwaltung

Neben der Einbindung der Funktionalität der Erweiterungen in die Rahmenanwendung stellt die Integration der Sichten (engl.: views) der Erweiterungsmodule einen wesentlichen Aspekt der Lernumgebung dar. Nur durch die Realisierung eines gemeinsamen Erscheinungsbildes bei gleicher Handhabung der Erweiterungen ist die Benutzung der Lernumgebung für den Lerner transparent.

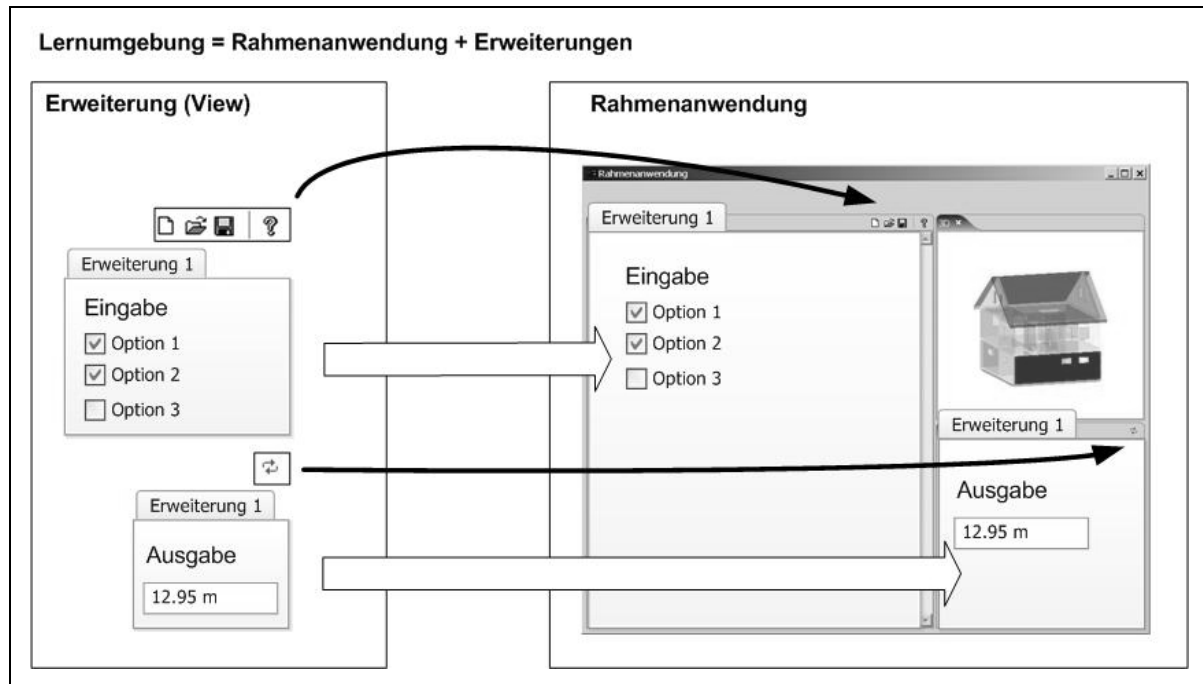


Abbildung 6.6: Die Lernumgebung als Kombination von Rahmenanwendung und Erweiterungen

Die in Abbildung 6.6 skizzierte Vorgehensweise der Integration der Sichten in die Rahmenanwendung wird durch das Model-View-Controller-Muster, nach dem alle zu integrierenden Erweiterungen konzipiert sind, ermöglicht. Die separierten Objekte der Benutzeroberfläche werden von der Rahmenanwendung durch die Nutzung der Schnittstellen der Erweiterungen eingebunden. Unterschieden wird bei den einzubindenden Elementen hierbei zwischen Inhaltselementen, die in einem Fenster zusammengefasst sind, und den Steuerungseinheiten. Während die einzubindenden Inhaltselemente entsprechend der Konfigurationsbeschreibung in die entsprechenden Platzhalter der Rahmenanwendung eingebunden werden, werden die Steuerungseinheiten automatisch dem zugehörigen übergeordneten Element der Rahmenanwendung zugeordnet. Der Vorteil, der sich hieraus für den Lerner ergibt, liegt in der Reduzierung der Einarbeitungszeit in neue Module, die im Verlauf einer Aus- beziehungsweise Weiterbildung in die Lernumgebung eingebunden werden: Gleich dem Office-Konzept, das unterschiedliche Anwendungen in einem Rahmen zusammenfasst, erschließt sich die Handhabung grundlegender Programmfunktionalität der je-

weiligen Anwendungen für den Benutzer zum Großteil intuitiv und ermöglicht somit eine schnellere Verwendung der Module.

3D-Gebäude-Erweiterung

Die Beschreibung des den Erweiterungen zugrunde liegenden MVC-Musters, das im vorangegangenen Abschnitt im Bezug zur Sicht bereits erläutert wurde, wird unter Zuhilfenahme der 3D-Gebäude-Erweiterung vervollständigt. Abbildung 6.7 zeigt die unterschiedlichen Komponenten der Erweiterung und ihre Beziehungen zueinander als auch die Abhängigkeit zwischen der Erweiterung und Rahmenanwendung auf.

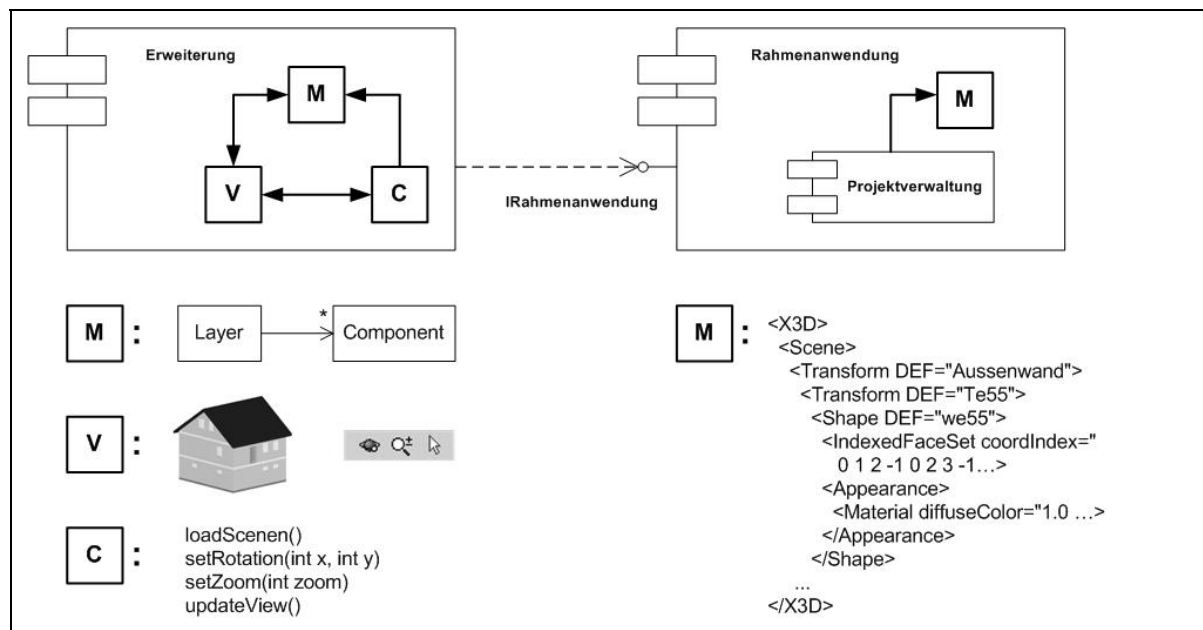


Abbildung 6.7: MVC-Muster der Erweiterungen im Zusammenspiel mit der Rahmenanwendung

Basis der Erweiterung ist das Gebäudedatenmodell, welches von der Projektverwaltung zentral verwaltet wird. Die Erweiterung liest mittels der vom Anwendungsrahmen zur Verfügung gestellten Schnittstelle die notwendigen Daten aus und generiert hieraus ein eigenes Modell, das sich zur weiteren Verarbeitung eignet. Das dargestellte Beispiel zeigt, dass die XML-basierten Daten des Gebäudedatenmodells in ein objektorientiertes Modell überführt werden. Dieses wird vom Controller der 3D-Erweiterung zur Generierung der Sicht herangezogen, die wiederum im Anwendungsrahmen der Lernumgebung zur Darstellung kommt. Benutzereingaben, die durch die von der Erweiterung zur Verfügung gestellten Steuerungselemente ermöglicht werden, werden von der Sicht an den Controller übermittelt und dort verarbeitet.

6.2 Konfiguration multimedialer Lernszenarien

Die Integration von Erweiterungen in die Rahmenanwendung stellt eine zentrale Eigenschaft der entwickelten Lernumgebung dar. Die Modularität des Systems ist wesentliche Voraussetzung zur Generierung von multimedialen Lernszenarien nach dem beschriebenen 3-Stufen-Modell für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren. Je nach Lernszenario wird der Funktionsumfang durch Integration der zum Szenario gehörigen Erweiterungen dynamisch generiert. Das Reduzieren auf die für das Lernszenario relevanten Module trägt zur übersichtlichen Darstellung der Lernumgebung bei und vereinfacht dadurch den Umgang mit dem System erheblich. Welche Erweiterungen in einem bestimmten Lernszenario von der Rahmenanwendung geladen werden müssen und wie diese mittels Konfigurationsdateien zu einem multimedialen Lernszenario zusammengefügt werden, ist in Abbildung 6.8 dargestellt und wird nachfolgend erläutert:

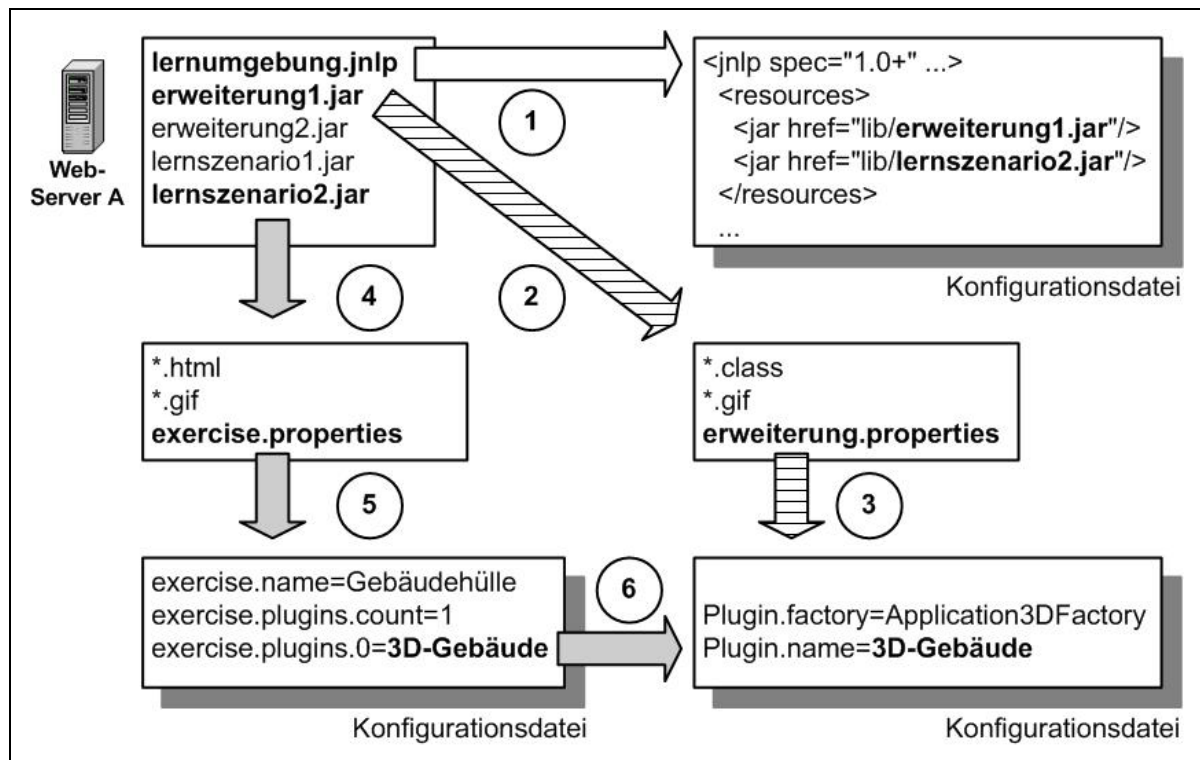


Abbildung 6.8: Dateien eines multimedialen Lernszenarios

Die vom Webserver bereitgestellten Ressourcen (vgl. Abbildung 6.2) werden durch die XML-basierte Beschreibung der Java Web Start Konfigurationsdatei funktional gebündelt (1) und durch Aufruf der JNLP-Datei auf den Clientrechner übertragen. Archivdateien, die Erweiterungen beinhalten, werden von der Rahmenanwendung entpackt (2), die zur Instanziierung des Erweiterungsmoduls notwendige Information entsprechend der Erweiterungseigenschaftsdatei `erweiterung.properties` ausgelesen (3) und in der Erweiterungskomponente der Rahmenanwendung weiterverarbei-

tet. Im nächsten Schritt werden Archivdateien, die keine Erweiterungsmodule beinhalten sondern Lernszenarien abbilden, von der Rahmenanwendung ausgelesen (4) und dem Lerner zur Auswahl angeboten. Wird ein Lernszenario vom Lerner zur Bearbeitung ausgewählt, werden die zugehörigen Ressourcen, beispielsweise HTML-codierte Texte und Bilder, von der Rahmenanwendung geladen. Erweiterungsmodule, die zur Bearbeitung des Lernszenarios notwendig sind, werden im dargestellten Beispiel durch die Lernszenario-Konfigurationsdatei der zweiten Stufe mit der Bezeichnung *exercise.properties* referenziert (5) und von der Lernumgebung unter Zuhilfenahme der Erweiterungs-Komponente instanziiert (6).

Die oben beschriebene Integration der Erweiterungen in zwei Stufen wird durch das in Abbildung 6.9 dargestellte Sequenzdiagramm im Detail beschrieben:

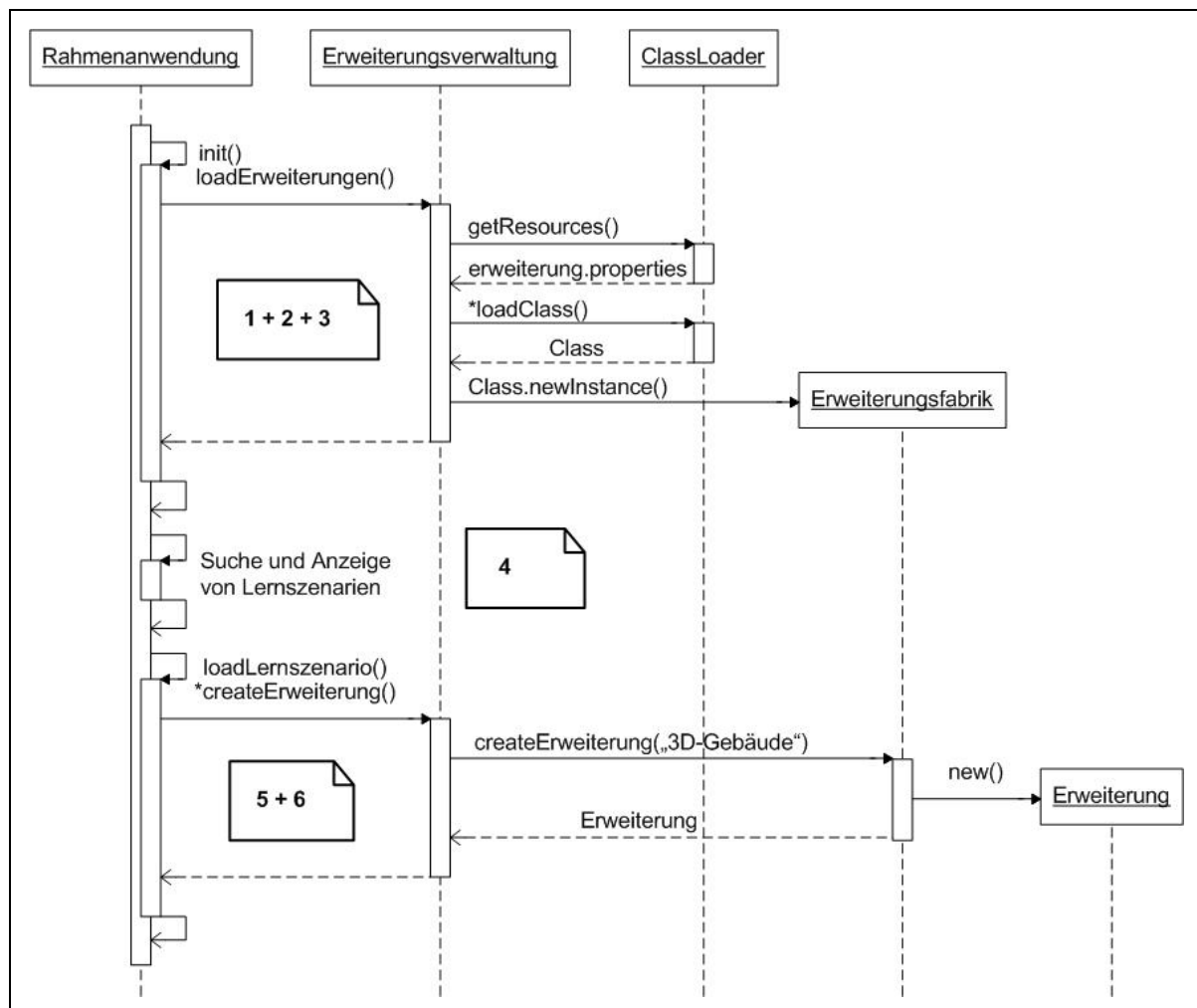


Abbildung 6.9: Laden der Erweiterungsmodule in zwei Stufen

In der ersten Stufe, die sich aus den Schritten eins, zwei und drei zusammensetzt, werden alle verfügbaren Erweiterungsmodule identifiziert. Für jede Erweiterung wird vom System die entsprechende Fabrik-Klasse instanziiert und in der Erweiterungskomponente vorgehalten. Wird ein Lernszenario geladen, werden unter der Verwen-

derung der zuvor erzeugten Fabrik-Klassen die Erweiterungsmodule erzeugt und in der Lernumgebung zur Anzeige gebracht.

Das Aufteilen des Ladevorgangs einer Erweiterung in zwei Teile ermöglicht ein schnelleres Laden der Lernszenarien, da alle Module im System vorgehalten werden und der ressourcenaufwendige Prozess der Identifizierung von Erweiterungskomponenten auf dem Clientrechner nur einmalig durchgeführt werden muss. Neben der Effizienz der Vorgehensweise, die durch den zweigeteilten Ladevorgang erzielt wird, stellt die in Abbildung 6.9 skizzierte Lösung eine Möglichkeit dar, einen hohen Grad von Modularität zu erzeugen und mittels geeigneter Java-Technologien über das Internet verteilt zur Verfügung zu stellen.

6.3 Datenaustausch der modular erweiterbaren Rahmenapplikation

In den folgenden Abschnitten werden die Prozesse erläutert, die den Datenaustausch der modularen Rahmenanwendung regeln. Im ersten Abschnitt wird die zugrunde liegende Technologie erläutert, welche die Kommunikation der Erweiterungen mit der Rahmenanwendung realisiert. Anschließend wird die Vorgehensweise aus technischer Sicht bezüglich des Datenaustausches der Erweiterungen untereinander beschrieben.

6.3.1 Gebäudedaten-Kommunikationsschicht

Die Gebäudedaten-Kommunikationsschicht ermöglicht den Zugriff auf das von der Rahmenanwendung zentral verwaltete Gebäudedatenmodell, das die Grundlage der Berechnungen der Erweiterungsmodule abbildet. Den Erweiterungen, die bestimmte Elemente, Abschnitte oder einen Teilbereiche des Datenmodells zur Umsetzung in ein eigenes Modell benötigen, werden zwei Arten von Zugriffsmöglichkeiten zur Verfügung gestellt. Eine Möglichkeit besteht in der Nutzung von XPATH-Ausdrücken, mit welchen das Gebäudedatenmodell über die Projektverwaltung abgefragt werden kann. Hierbei liegen die Ausdrücke, die zwecks einfacher Wartung vom Quellcode der Anwendung auszulagern sind, auf der Seite der Erweiterungen vor und werden über die entsprechende Schnittstelle der Rahmenanwendung zur Verarbeitung an die Projektverwaltung übermittelt. Diese generiert hieraus die entsprechende Lösung, die in Form von weiterzuverarbeitenden XML-Elementen oder eines einfachen Textes an die anfragende Erweiterung übermittelt wird. Das Zurückschreiben von Werten in das Gebäudedatenmodell durch die Erweiterung wird ebenfalls durch die XPATH-Technologie unterstützt: Werte können durch die Pfadangabe, die sich mittels XPATH-Ausdruck beschreiben lässt, in die entsprechenden Elemente eingetragen werden.

Die andere Möglichkeit der Abfrage des Gebäudedatenmodells besteht durch die Nutzung von XSLT-Skripten: Das in der Erweiterungskomponente hinterlegte XSLT-Skript wird der Projektverwaltung übermittelt, die als Ergebnis der Verarbeitung der aufrufenden Erweiterung ein XML-Dokument zurücksendet. Eine Einarbeitung von Ergebnissen der Erweiterung in das zentral verwaltete Gebäudedatenmodell durch eine entsprechende Nutzung der XSLT-Technologie ist derzeit nicht trivial zu lösen und schließt sich aus diesem Grund aus. Abbildung 6.10 stellt die beiden Möglichkeiten des Datenaustausches zwischen der Rahmenanwendung und einer Erweiterung dar.

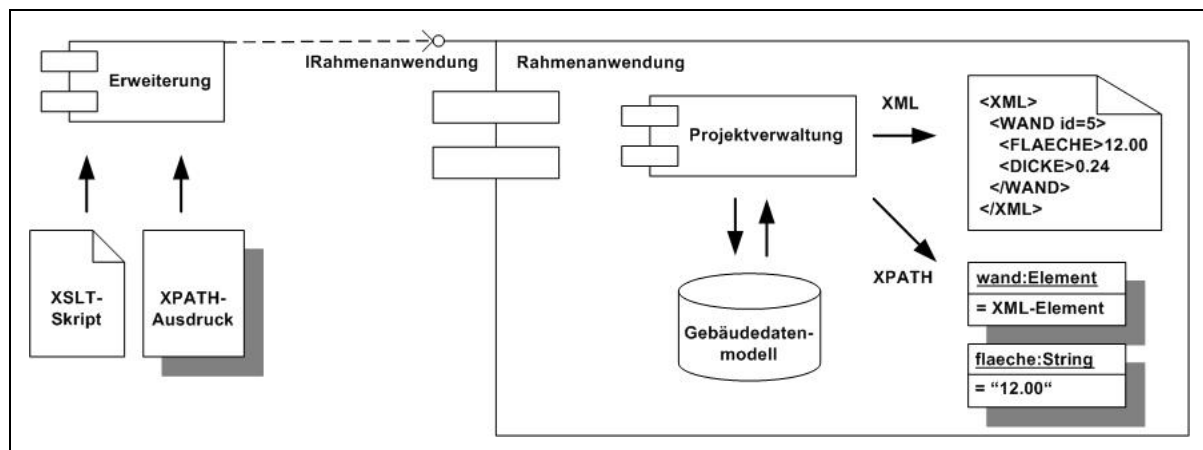


Abbildung 6.10: XML-basierter Datenaustausch zwischen Erweiterungen und der Rahmenanwendung

Ein Vergleich der beiden Möglichkeiten führt zur folgenden Nutzungsstrategie der Gebäudedaten-Kommunikationsschicht: Die Verwendung eines XSLT-Skriptes zur Abfrage des Gebäudedatenmodells eignet sich im Fall der Generierung einer erweiterungsspezifischen Sicht auf das Datenmodell. Die zur Generierung der Sicht erforderlichen Daten können durch die Nutzung eines Skriptes zusammengestellt werden und vom Controller des Erweiterungsmoduls weiterverarbeitet werden. Beispielsweise sei an dieser Stelle auf Visualisierungsprozesse verwiesen, die vorrangig in der ersten Stufe der Wissensvermittlung herangezogen werden. Die Nutzung der XPath-Technologie hingegen eignet sich vorrangig für Erweiterungen, die nur einzelne Elemente des Datenmodells zur Weiterverarbeitung benötigen und diese gegebenenfalls auch wieder verändert in das Datenmodell der Rahmenanwendung zurückschreiben. Durch die Unterstützung der Listentechnik in der XPath-Technologie, in der Elemente gebündelt an die abfragende Erweiterung zurückgeliefert werden können, ist es beispielsweise möglich, in einem Anwendungsszenario alle Fenster eines Gebäudemodells effizient an ein Erweiterungsmodul zur weiteren Bearbeitung zu übermitteln.

6.3.2 Erweiterungsmodul-Kommunikationsschicht

Während der Datenaustausch zwischen der Rahmenanwendung und den Erweiterungen vorrangig über die Projektverwaltung und des dort abgelegten Gebäudedatenmodells realisiert wird, findet die Kommunikation der Erweiterungen untereinander durch die Nutzung der Komponente der Erweiterungsverwaltung des Hauptrahmens statt. Diese regelt unter Verwendung der Schnittstelle, die von jedem Erweiterungsmodul zu implementieren ist, den Datentransfer zwischen den Erweiterungen. Neben der Steuerung des Kommunikationsprozesses gewährleistet die Erweiterungsverwaltung die Abstimmung aller eingebundenen und aktiven Erweiterungsmodule: Eine Änderung des zugrunde liegenden Datenmodells aufgrund einer Aktivität einer Erweiterung führt, initiiert durch die Erweiterungsverwaltung, zu einer Aktualisierung aller weiteren Module der Lernumgebung.

Die oben erwähnte Kommunikation der Erweiterungen wird durch die Reflection-API der Java-Programmiersprache realisiert, mit deren Hilfe der Aufruf einer Methode einer Erweiterung durch Angabe des Methodennamens und optionalen Parametern erfolgen kann [FLA1998]. Abbildung 6.11 stellt den Prozess der Kommunikation zwischen zwei Erweiterungskomponenten dar, der von der Erweiterungsverwaltung gesteuert wird. Das vereinfacht dargestellte Sequenzdiagramm skizziert ein Szenario, welches das Aktualisieren einer Bauteil-Erweiterung (Erweiterung 2) auslöst, nachdem in der 3D-Gebäude-Erweiterung (Erweiterung 1) ein Bauteil selektiert wurde.

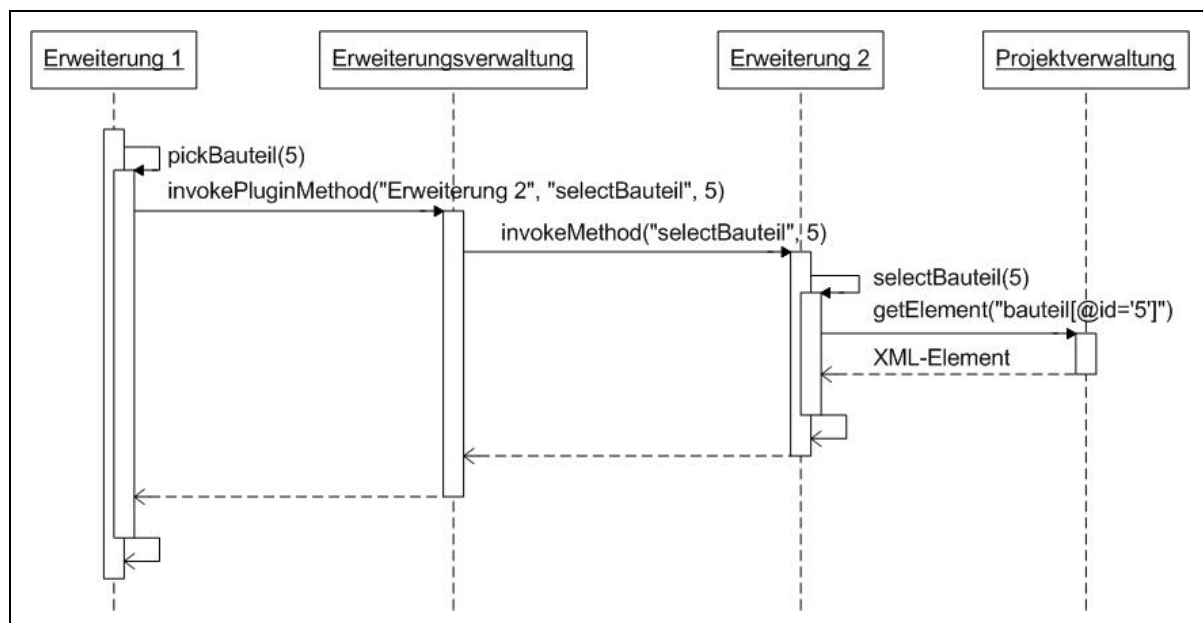


Abbildung 6.11: Kommunikation zwischen Erweiterungen mittels Reflection-API

Der Einsatz der Reflection-Technologie gilt in der Praxis als ressourcenaufwendig und ist aus diesem Grund nicht für jede Systemarchitektur empfehlenswert. Bei der

Umsetzung der Lernplattform als Rich-Client, in der die Verarbeitung clientseitig erfolgt, stellt der Ressourcenverbrauch durch die Nutzung der Reflection-API kein Performanceproblem dar und kann ohne Bedenken im System verwendet werden.

Abbildung 6.12 stellt den Aspekt der Abstimmung der Erweiterungsmodule untereinander dar: Um ein konsistentes Datenmodell aller Erweiterungsmodule gewährleisten zu können, bedarf es eines Prozesses, der eine Veränderung des zentral verwalteten Datenmodells allen aktiven Erweiterungen der Lernumgebung mitteilt. Das Sequenzdiagramm beschreibt einen Anwendungsfall, in dem das Gebäudemodell durch eine Erweiterung (Erweiterung 1) verändert wird. Nach der Veränderung des Gebäudemodells wird die Erweiterungsverwaltung informiert, die daraufhin alle aktiven Erweiterungen benachrichtigt, welche daraufhin die Aktualisierung des eigenen Datenmodells und der angezeigten Sicht durchführen.

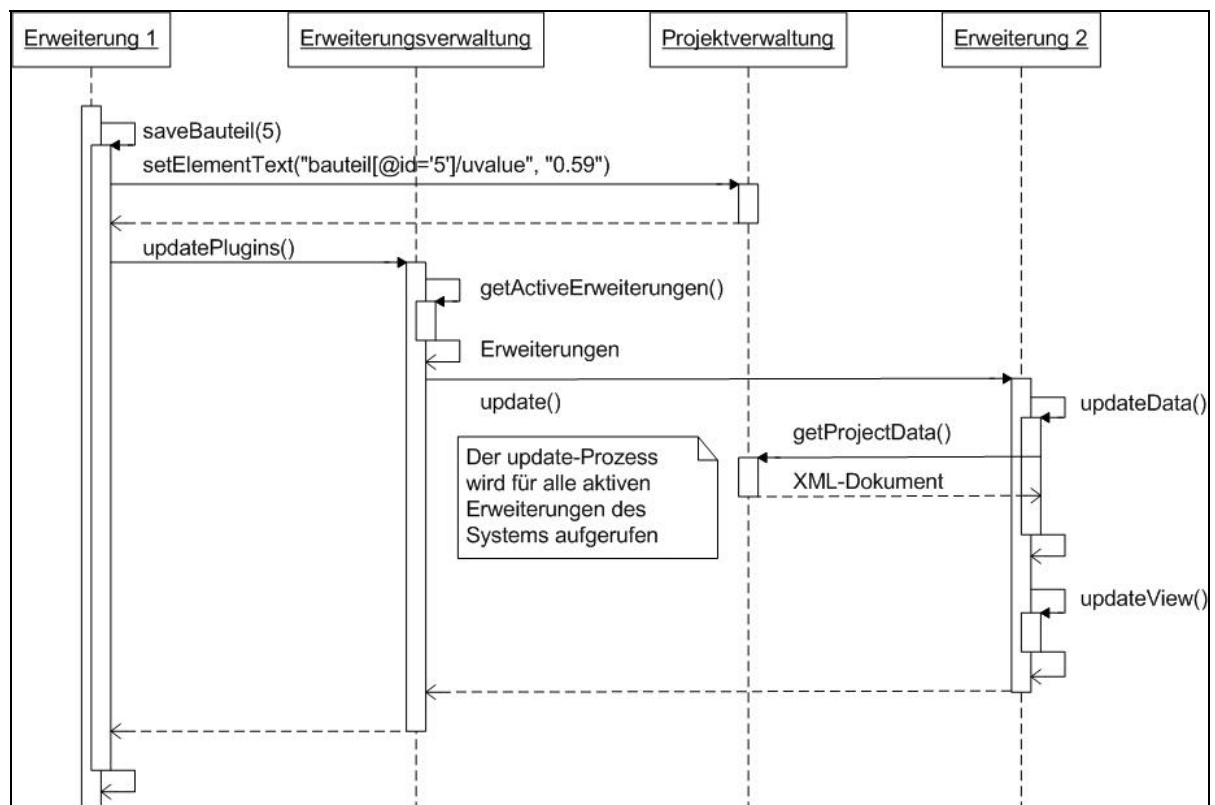


Abbildung 6.12: Konsistentes Datenmodell aktiver Erweiterungen durch Abgleich der Erweiterungen nach einer Veränderung

6.3.3 Externe Kommunikationsschicht

Neben der Integration externer Ressourcen durch den eingebetteten Internetbrowser ermöglicht die Lernumgebung das Einbinden serverseitiger Funktionalität, die in den Erweiterungsmodulen eingebunden werden kann. Im Gegensatz zur klassischen Webanwendung, welche das Benutzerinterface zur Steuerung der Anwendung im Browser abbildet, ist es durch die externe Kommunikationsschnittstelle möglich, die serverseitige Anwendung mittels lernumgebungskonformer Oberfläche abzubilden. Hintergrund der Anbindung servicezentrierter Architekturen ist die im Rahmen des Verbundprojektes *Multimediales Lernnetz Bauphysik* entstandene Notwendigkeit, Anwendungen unterschiedlichster Softwarearchitekturen über das Internet zugänglich zu machen. Im Gegensatz zur entwickelten Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung werden die Ressourcen des *Multimedialen Lernnetz Bauphysik* serverseitig verwaltet und mittels unterschiedlichster Technologien sowohl durch serverseitige als auch clientseitige Programme verarbeitet. Im Rahmen der Entwicklung einer Schnittstelle zur Realisierung des Datenaustausches zwischen den verteilten Anwendungen wurde ein Konzept entworfen und umgesetzt, welches den Datenaustausch mittels XML-basierter Dokumente über das Internetprotokoll HTTP regelt. Das auch als *XML over HTTP* bezeichnete Verfahren der Kommunikation ermöglicht die standardisierte Integration von serverseitiger Funktionalität sowohl in serverseitigen Webanwendungen als auch in clientseitigen Internetanwendungen, den so genannten Web Clients. Als Web Clients kommen im *Multimedialen Lernnetz Bauphysik* vorrangig Java-Applets und Python-Applets zum Einsatz, welche die serverseitige Funktionalität einbinden und mittels graphischer Benutzerschnittstelle der jeweiligen Technologie steuern und Ergebnisse entsprechend darstellen.

Die Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren folgt zwar nicht dem entwickelten Konzept der verteilten Anwendungen des *Multimedialen Lernnetz Bauphysik* und der serverseitigen Verwaltung der Ressourcen, ermöglicht aber die Einbindung serverseitiger Anwendungen aus folgenden Gründen:

- Die Implementierung einer Schnittstelle zur Nutzung externer Ressourcen gewährleistet die Integration entwickelter Applikationen des *Multimedialen Lernnetzes Bauphysik*.
- Erweiterungen, deren Funktionalität aus lizentechnischen Gründen nicht vollständig auf den Clientrechner übertragen werden dürfen, können dennoch in die Lernumgebung eingebunden werden.

- Die Integration von Rechenprozessen, deren Bearbeitung auf dem Clientrechner zu ressourcenaufwendig ist, kann auf verschiedene Server mit entsprechender Leistungsfähigkeit ausgelagert werden.
- Die Anzahl von Anwendungen und Informationen, die als Web Service aufgerufen und in eigene Programme integriert werden können, steigt stetig. Durch die Realisierung der externen Schnittstelle können geeignete Module in neue Lernszenarien eingebunden werden.

Abbildung 6.13 skizziert die Einbindung externer Ressourcen in die Lernumgebung. Die Komponenten der Rahmenanwendung, die für die externe Kommunikation zuständig ist, generiert aus einer Anfrage eines Erweiterungsmoduls einen XML-basierten Request, der über das HTTP-Protokoll an den entsprechenden Service übertragen wird. Das Ergebnis der serverseitigen Bearbeitung wird von der externen Kommunikationsschnittstelle aufbereitet und der Erweiterung übermittelt.

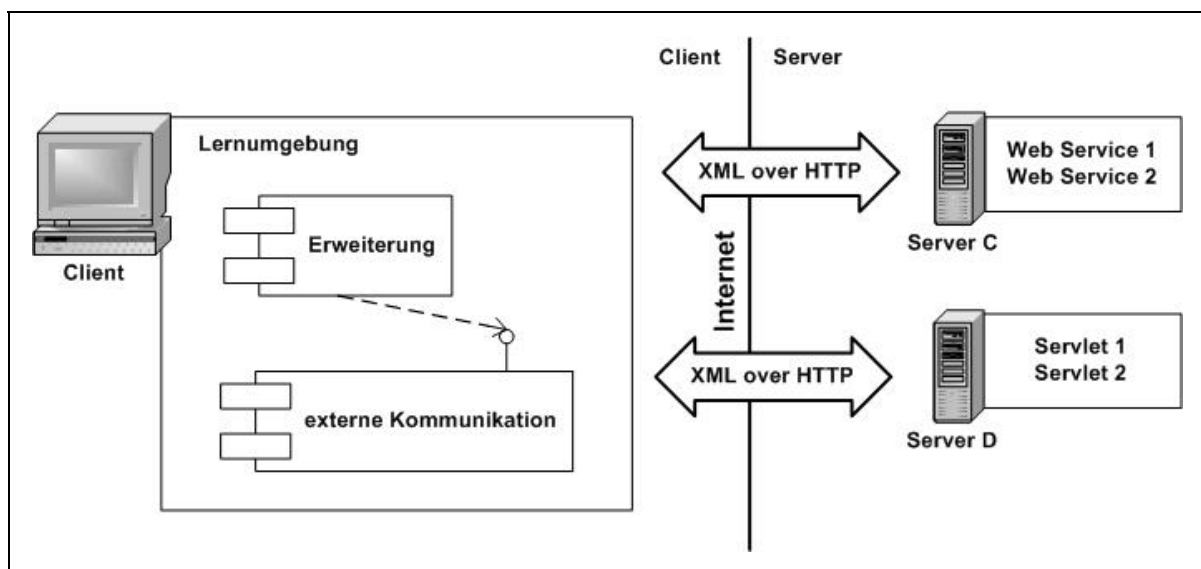


Abbildung 6.13: Integration serverseitiger Funktionalität durch XML over HTTP

Die Integration von Funktionalität in Lernszenarien durch das Einbinden serverseitiger Programme bedingt das Vorhandensein einer aktiven Internetverbindung und sollte aufgrund der anzustrebenden Benutzbarkeit des Systems ohne Internetanbindung minimiert werden. Je nach Umfang des zu übertragenden Datenvolumens kann der Datenaustausch über das Internet zu einer negativen Beeinflussung des Antwortverhaltens der elektronischen Lernumgebung führen, was die Handhabung der Lernplattform zusätzlich belastet und für Unmut beim Lerner sorgt.

6.4 Basiskomponenten der Wissensvermittlung

Die nachfolgenden Abschnitte erläutern Basiskomponenten, die auf der technischen Grundlage der zuvor erläuterten Rahmenbedingungen der modular erweiterbaren Lernumgebung aufbauen und neben der in Kapitel 5 vorgestellten 3D-Erweiterung zur Anwendung kommen. Die Gliederung der Abschnitte orientiert sich an der konzipierten 3-stufigen Wissensvermittlung.

6.4.1 Komponenten der deklarativen Wissensvermittlung

Lernszenarien der ersten Stufe fokussieren die Wissensvermittlung durch Darstellung der zu vermittelnden Informationen in Textform, die durch das Einbinden von Bildern und Animationen angereichert werden. Zur Darstellung der Hypertext-basierten Informationen dient der Browser, der in die Lernumgebung eingebettet ist.

Browser-Erweiterung

Die Browser-Erweiterung ermöglicht die Darstellung von Internetseiten, die zur Wissensvermittlung aufbereitet wurden und von externen Webanwendungen bereitgestellt werden. Die Methode, Informationen serverseitig zu verwalten und mittels Browser auf dem Clientrechner zur Anzeige zu bringen, repräsentiert die Standardvorgehensweise, die derzeit in elektronischen Lernumgebungen zur Anwendung kommt.

Die Rahmenanwendung ermöglicht die Einbettung multipler Instanzen eines Browsers, welche die darin angezeigten Informationen separat verwalten und dem Lerner eine unabhängige Navigation durch unterschiedliche Inhalte ermöglicht. Hierbei wird das Problem mehrerer gleichzeitig geöffneter Fenster auf dem Desktop des Clientrechners durch das Einbinden aller Browserinstanzen in eine übergeordnete Komponente der Rahmenanwendung umgangen. Der Zugriff auf die gewünschte Information kann durch die geordnete Einbettung der Browserinstanzen in die Oberfläche der Lernumgebung durch den Lerner effizient durch das Aktivieren eines Reiters erfolgen, was das Recherchieren von Zusammenhängen durch gleichzeitiges studieren unterschiedlicher Lerneinheiten erleichtert.

Abbildung 6.14 stellt die Integration der Browserinstanzen in der Lernumgebung dar, die jeweils durch einen Reiter in der Lernumgebung repräsentiert und aktiviert werden. Die Dreiteilung der Oberfläche der Lernumgebung kann durch den Lerner bei Bedarf aufgehoben werden und zur Vollbildansicht der Browserkomponente verändert werden.

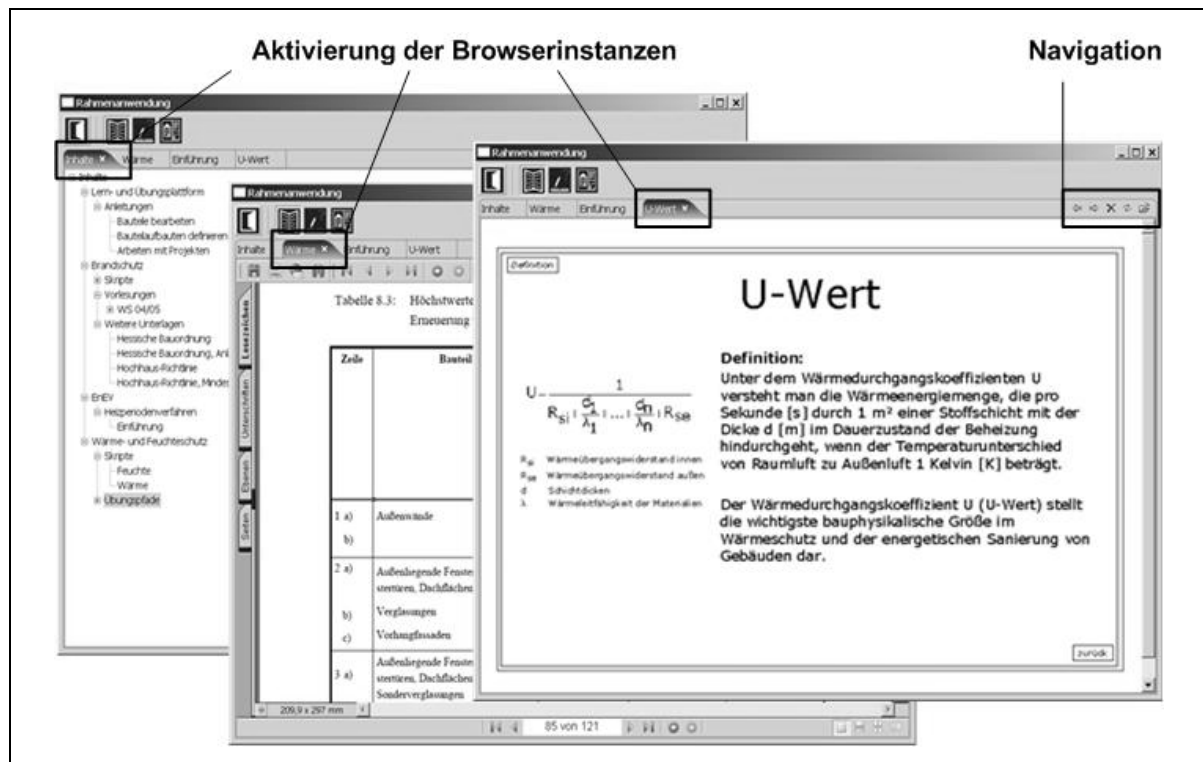


Abbildung 6.14: Integration mehrerer Webbrowser zur Inhaltsvermittlung

Neben der Darstellung von Informationseinheiten, die durch eine Webanwendung online bereitgestellt werden, ermöglicht der Browser die Darstellung von Lerneinheiten, die zuvor auf den Clientrechner mittels der Java Web Start Technologie übertragen wurden und nach der Installation offline genutzt werden können. Abbildung 6.15 skizziert den Inhalt der übertragenen Datei, der aus Inhaltselementen und Konfigurationsdateien besteht. Die Konfigurationsdatei *content.properties* beschreibt grundlegende Eigenschaften der Lerneinheit. Die Strukturierung und die damit verbundene Navigation durch das Lernszenario wird durch die Konfigurationsdatei *html.properties* vorgegeben.

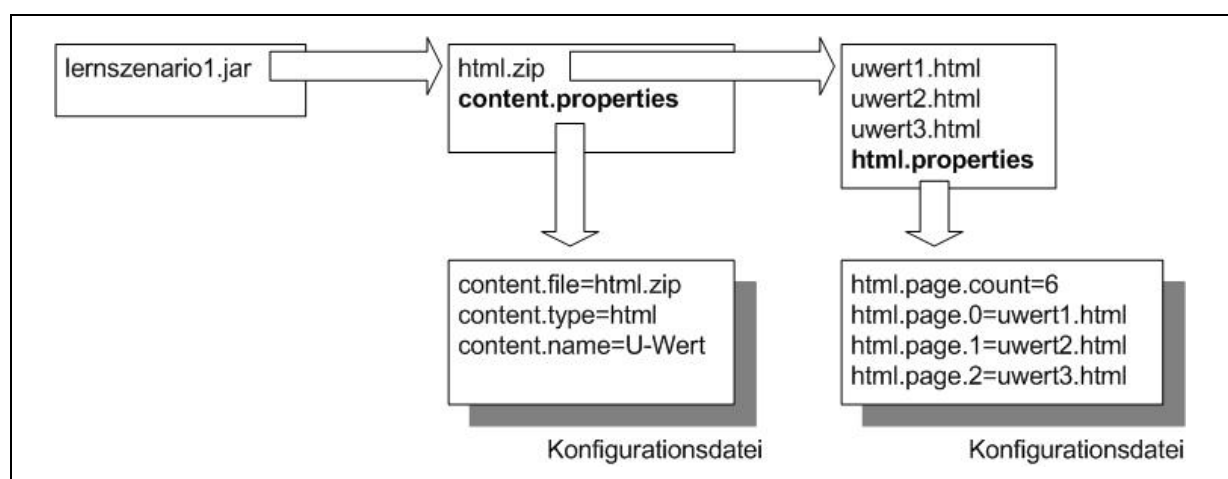


Abbildung 6.15: Konfiguration eines Lernszenarios der ersten Stufe

Testumgebungen

Tests, die den Abschluss eines Lernszenarios der ersten Stufe darstellen, können in der Lernumgebung entweder durch die Einbindung eines serverseitigen Testsystems oder durch die Nutzung der Test-Erweiterung durchgeführt werden. Die Einbindung eines serverseitigen Produktes, welches dem Lerner über den integrierten Browser zur Benutzung dargeboten wird, ermöglicht die Integration von hochwertigen webbasierten Testsystemen. Das Erstellen der Tests durch den Autor, die Bearbeitung der Testfragen durch den Lerner und die automatisierte Auswertung der Nutzereingaben durch das System werden von kommerziellen Systemen komfortabel unterstützt. Kommerzielle Produkte zeichnen sich weiterhin durch eine Vielzahl möglicher Testformen aus: Multiple-Choice-Fragen, Lückentexte oder graphischer Zuordnungsaufgaben können in beliebiger Kombination zu einem Test zusammengestellt werden.

Neben der beschriebenen Integration serverseitiger Testsysteme kann ein Erweiterungsmodul der Lernumgebung verwendet werden, welches ebenfalls zur Bearbeitung von Tests herangezogen werden kann. Die entwickelte Test-Erweiterung ermöglicht die Integration von Testfragen nach dem Multiple-Choice Prinzip. Die Tests werden mittels einer Applikation außerhalb der Lernumgebung erstellt und als komprimiertes XML-Dokument über die Java Web Start-Technologie vom Server auf den Client übertragen. Der XML-basierte Test wird bei Bedarf in die Test-Erweiterung eingelesen und vom Lerner bearbeitet (siehe Abbildung 6.16).

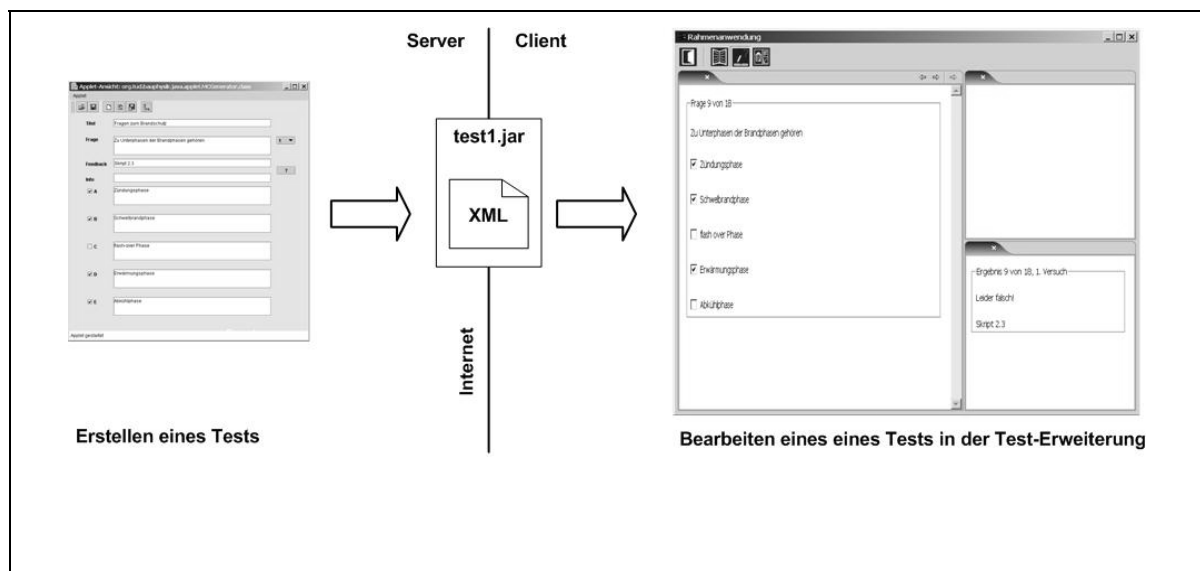


Abbildung 6.16: Testsysteme der Lernumgebung

Die Möglichkeiten des als Erweiterung implementierten Testsystems sind im Vergleich zu kommerzieller Software eingeschränkt, reichen aber aus, um Grundlagenverständnis zu überprüfen. Ein Vorteil, der sich durch die Nutzung der Test-

Erweiterung ergibt, ist die Nutzbarkeit des Systems im Offline-Modus der Lernumgebung. In Kombination mit Lernszenarien der abstrakten Wissensvermittlung, die ebenfalls über die Java Web Start Technologie auf dem Clientrechner vorgehalten werden, ergibt sich für den Lerner die Möglichkeit, sich das Wissen der ersten Stufe inklusive eingebetteter Posttests nach einmaliger Installation offline zu erarbeiten.

6.4.2 Komponenten der prozeduralen Wissensvermittlung

Zentraler Aspekt der Wissensvermittlung der zweiten Stufe ist die Integration von praxisrelevanten Anwendungen, die als Erweiterungen in die Rahmenapplikation eingebunden und in Übungsszenarien zur Vermittlung der Anwendbarkeit von Wissen herangezogen werden. Das klassische Übungsszenario der zweiten Stufe der Wissensvermittlung stellt sich für den Lerner als Wechselspiel zwischen zwei Sichten dar: Der Übungssicht und der Sicht auf die im Übungsszenario eingebundenen Applikationen. Der Übungsbereich wird durch eine Navigationsleiste gesteuert, welche das schrittweise Abarbeiten einer Übung ermöglicht. Die Seiten selbst stellen sich im Übungsszenario als Kombination von Text- und Eingabefeldern dar, die Wissen im Wechsel abbilden und anschließend abfragen. Die vom Lerner einzugebenden Daten können durch die eingebetteten Applikationen im Applikationsbereich ermittelt werden, in den durch das Betätigen der entsprechenden Schaltfläche des Hauptrahmens gewechselt werden kann (siehe Abbildung 6.17).

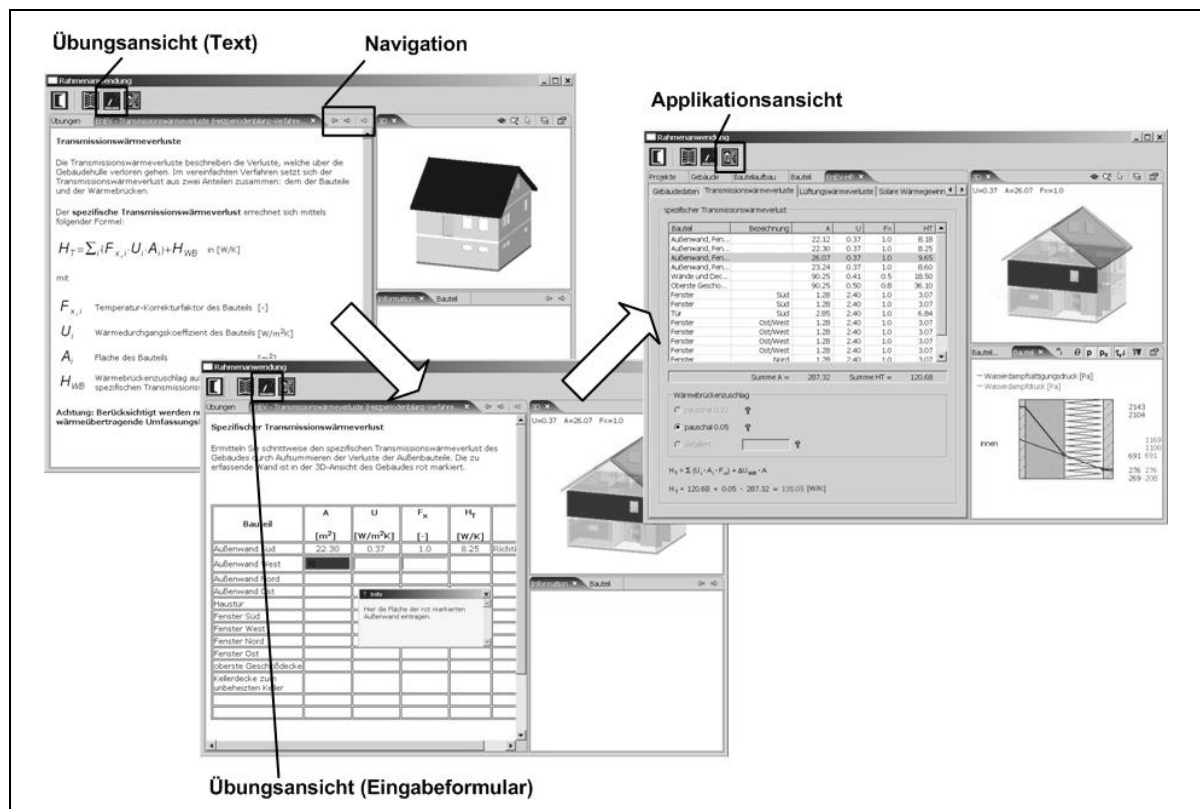


Abbildung 6.17: Unterschiedliche Sichten der Lernumgebung im Übungsszenario

Die notwendigen Verknüpfungen von Informationen, Abfragen und Anwendungen im Kontext der praxisorientierten Darstellung, die durch den Einsatz der 3D-Erweiterung unterstützt wird, werden vom Ersteller einer Übung konfiguriert und zur Laufzeit von der Übungs-Erweiterung ausgewertet.

Übungs-Erweiterung

Ähnlich der Konfiguration einer von Java Web Start verwalteten Lerneinheit der ersten Stufe stellt sich eine Übungseinheit als Paket von Dateien dar, die mittels unterschiedlicher Konfigurationsdateien in Abhängigkeit zueinander gebracht werden. Abbildung 6.18 stellt die Informations- und Konfigurationsdateien dar, die zur Definition eines gebäudebasierten Übungsszenarios notwendig sind:

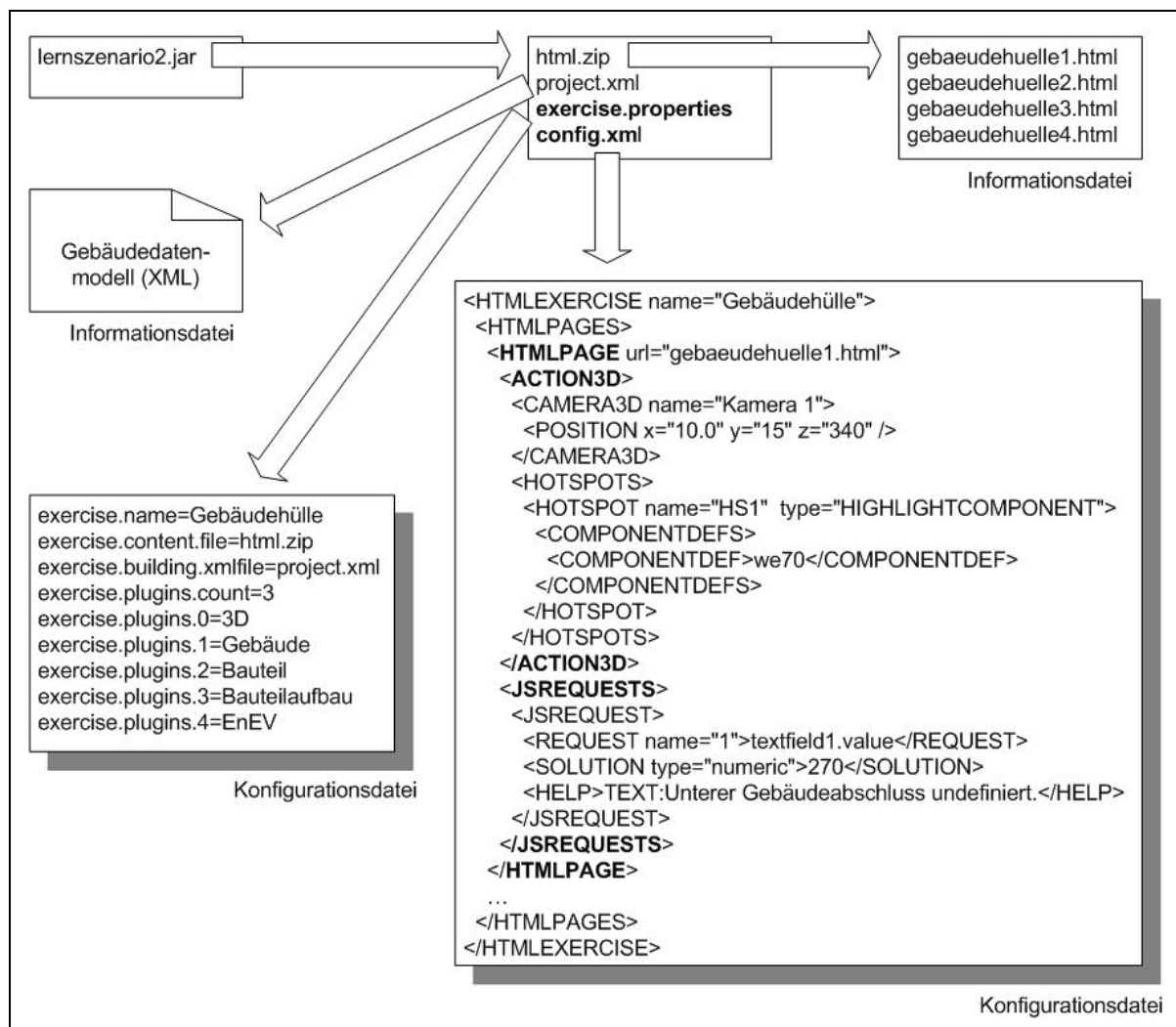


Abbildung 6.18: Konfiguration von Übungsszenarien der zweiten Stufe

Die maßgebliche Datei, die ein Übungsszenario in seiner Struktur, der Interaktion mit anderen Erweiterungen und der Interaktion zwischen Lernumgebung und Lernsys-

tem beschreibt, ist die Konfigurationsdatei *config.xml*, welche nachfolgend detailliert erläutert wird.

Zur Strukturierung des Übungsszenarios definiert die XML-basierte Datei Seiten, die nacheinander vom Lerner abzuarbeiten sind. Jedes definierte Element einer Seite beinhaltet einen Verweis auf eine HTML-Datei, welche die anzuzeigenden Informationen und Abfragen beinhaltet. Die Veranschaulichung der HTML-basierten Information einer Seite wird durch die 3D-Erweiterung realisiert, die entsprechend der Konfiguration die Darstellung des virtuellen Gebäudes verändert. Das Zusammenspiel der Erweiterungsmodule der Übungs-Erweiterung und der 3D-Erweiterung, das durch das Element *ACTION3D* in der Datei *config.xml* geregelt wird, ist in Abbildung 6.19 skizziert: Die Übungs-Erweiterung wertet den entsprechenden Abschnitt der XML-Datei aus und leitet die Information unter Zuhilfenahme der Erweiterungsverwaltung und der Reflection-Technologie an die 3D-Erweiterung weiter, die daraufhin die gewünschte Aktion durchführt. Vorrangige Aktionen in Übungsszenarien sind das Drehen des Gebäudes und Heranzoomen eines Gebäudeabschnittes bei gleichzeitigem Hervorheben von Bauteilen, die im jeweiligen Übungsschritt von belang sind und das Interesse des Lerners anziehen sollen.

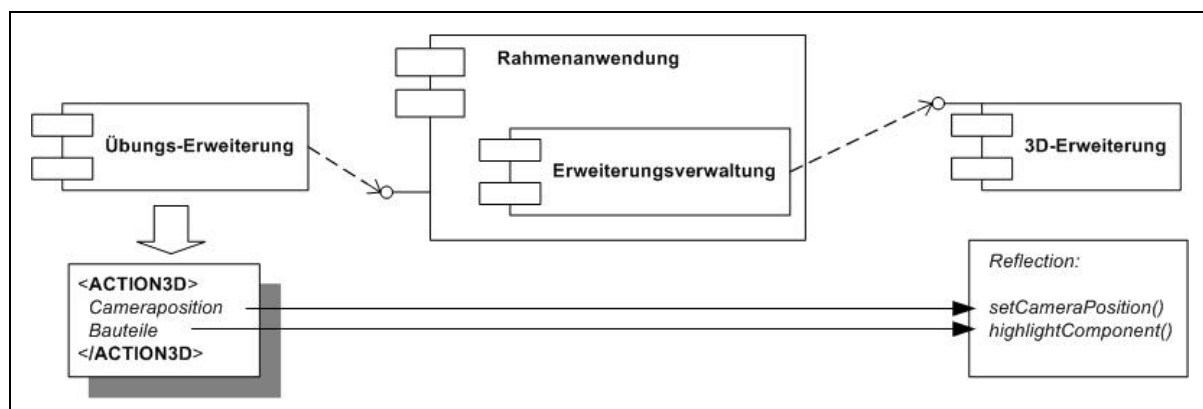


Abbildung 6.19: Interaktion zwischen der Übungs-Erweiterung und der 3D-Erweiterung in einem Übungsszenario

Die Interaktion zwischen der Lernumgebung und dem Lerner in den Lernszenarien der zweiten Stufe wird durch das Element *JSREQUEST* und seiner Kindelemente *REQUEST*, *SOLUTION* und *HELP* festgelegt. Der als Kernstück der Vermittlung von Anwendungswissen zu definierende Abschnitt regelt die Abfrage von Wissen im Eingabeformular (*REQUEST*), die Überprüfung der Lernereingaben (*SOLUTION*) und die Hilfeangaben (*HELP*), die bei einer fehlerhaften Eingabe des Benutzers auf entsprechende Hilfe verweist. Die Umsetzung der XML-basierten Interaktionssteuerung durch die Übungs-Erweiterung wird durch Java-Skript Methoden realisiert, welche durch die Übungs-Erweiterung erzeugt und der Browser-Erweiterung zur dynamischen Abfrage der dargestellten HTML-Seite übermittelt wird. Die relevanten Eingabe-

befehle, die in der Konfigurationsdatei angegeben sind, werden ausgelesen und mit der Lösung verglichen. Hierbei kann die Lösung direkt in der Datei *config.sys* angegeben sein oder als ebenfalls dynamisch ermittelt werden. Die dynamische Ermittlung der Lösungen erfolgt durch die Einbindung der Erweiterungsmodule, die in der Regel über Methoden verfügen, welche zur Abfrage von Ergebniswerten dienen und mittels der Reflection-Technologie aufgerufen werden können. Der Vorteil der dynamischen Ermittlung von Lösungen besteht darin, dass das zugrunde liegende Gebäude eines Übungsszenarios vom Lerner verändert und die durchzuführenden Berechnungen trotzdem automatisiert überprüft werden können.

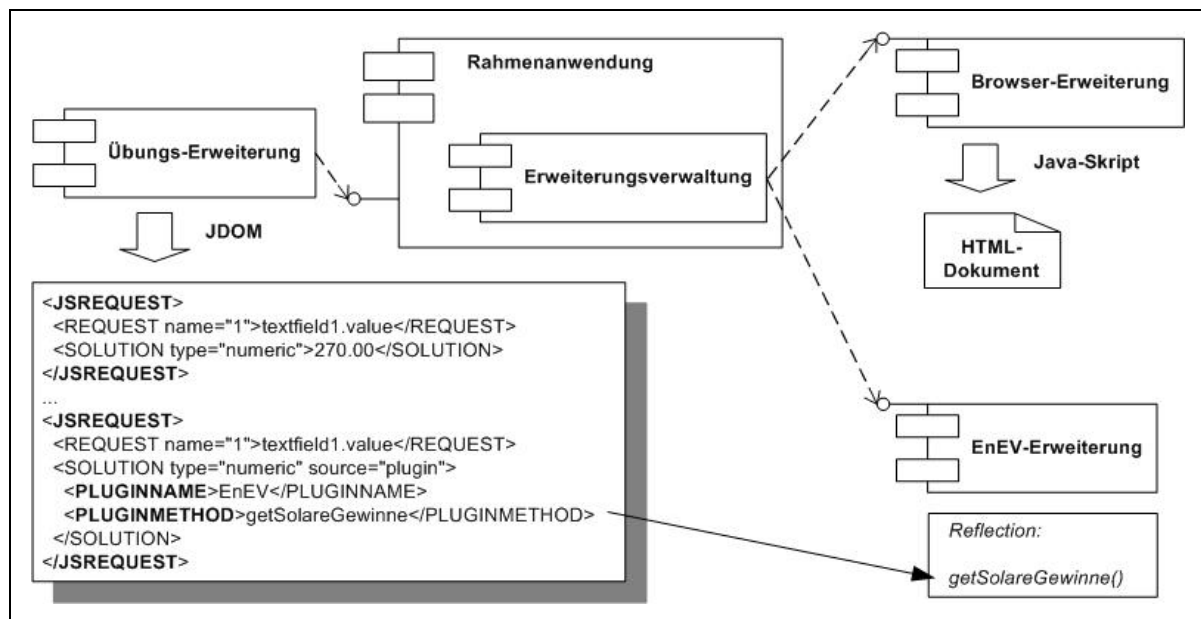


Abbildung 6.20: Dynamische Lösungsermittlung durch Interaktion von Erweiterungsmodulen

Der Prozess der Interaktion zwischen verschiedenen Erweiterungsmodulen unter Nutzung der Erweiterungskomponente der Rahmenanwendung wird in Abbildung 6.20 veranschaulicht. Nicht dargestellt ist die Möglichkeit, neben der dynamischen Lösungsermittlung eine dynamische Informationsgenerierung in den Prozess der Wissensvermittlung mit einfließen zu lassen. Hierbei werden berechnete Werte aus den Erweiterungen als Ausgangspunkt für weitere Berechnungen in die Seiten des Übungsszenarios eingebunden und im weiteren Verlauf der Lerneinheit referenziert. Verwendung findet die Methode, die wie die dynamische Ermittlung von Lösungen mittels der Reflection-API umgesetzt wird, vorrangig in angeleiteten Variationsrechnungen, die den Übergang der Wissensvermittlung der zweiten Stufe zur Wissensvermittlung der dritten Stufe verkörpern.

6.4.3 Komponenten der konditionalen Wissensvermittlung

Die konditionale Wissensvermittlung wird in der Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren neben den bereits erläuterten Erweiterungen zusätzlich durch Komponenten unterstützt, welche den Wissensaustausch mit anderen Lernern beziehungsweise den lehrenden Personen gewährleisten. Um Informationen mit anderen Lernern auszutauschen beziehungsweise den lehrenden Personen gezielt Fragen zu einem Sachverhalt stellen zu können, bedarf es Erweiterungen, die es dem Lerner ermöglichen, sich in Text- und Skizzenform zu artikulieren.

Editor-Erweiterung

Die Editor-Erweiterung stellt dem Lerner rudimentäre Schreibfunktionalität innerhalb der Lernumgebung zur Verfügung, die es ermöglicht, Texte zum Informationsaustausch oder zur Protokollierung eigener Ergebnisse zu verfassen. Die erstellten Texte können vom Lerner durch das System verwaltet werden aber auch durch die implementierte Druckfunktionalität ausgedruckt und abgeheftet werden.

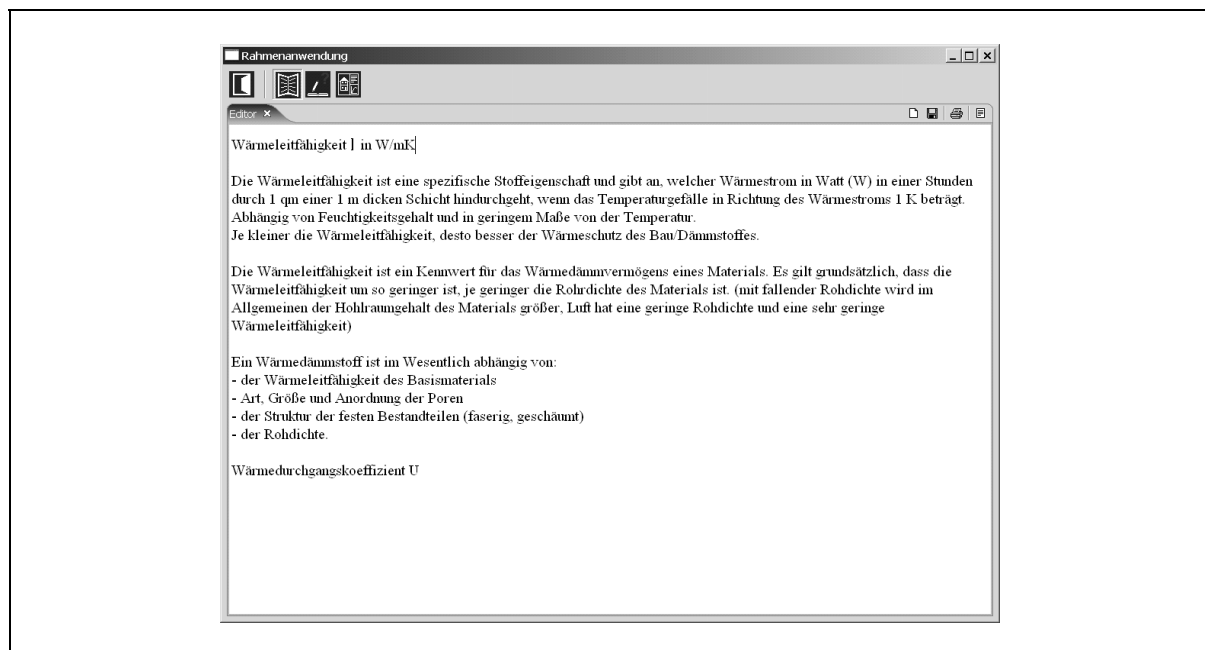


Abbildung 6.21: Die Editor-Erweiterung des Lernsystems

Konstruktions-Erweiterung

Insbesondere im Bereich der Ingenieurwissenschaften ist die reine Textform oft nicht ausreichend, um ein Problem richtig schildern zu können. Das Anfertigen von Zeichnungen, die einen Sachverhalt oftmals besser beschreiben als dies durch einen Text möglich wäre, wird durch die Konstruktions-Erweiterung ermöglicht. Der Lerner kann mit Hilfe des Erweiterungsmoduls zweidimensionale Skizzen anfertigen, diese digital

verwalten beziehungsweise mit anderen Personen austauschen oder ausdrucken. Die Funktionalität der Erweiterung beinhaltet neben den Standardwerkzeugen zur Erstellung von Zeichnungsprimitiven für das Bauwesen optimierte Zeichnungshilfen, die es dem Benutzer erlauben, Detailzeichnungen mit entsprechender Schraffur oder Brandschutzpläne gemäß der festgelegten Farbtabelle schnell anzufertigen (siehe Abbildung 6.22).

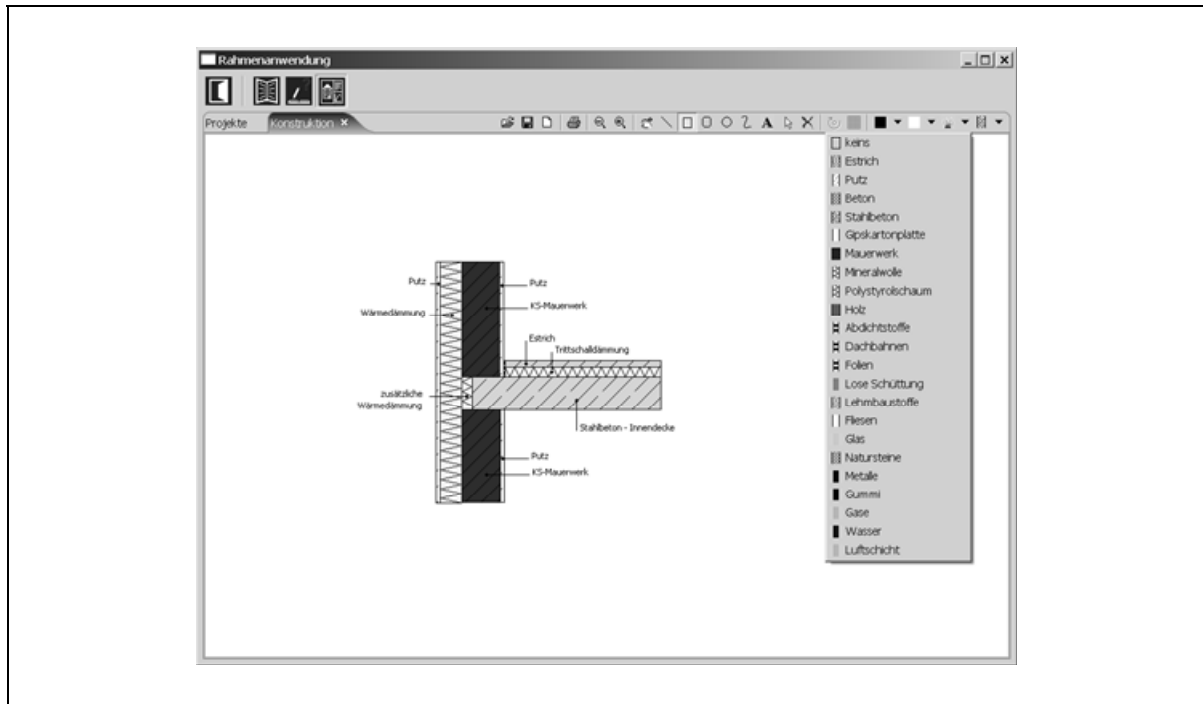


Abbildung 6.22: Bauteilkonstruktion mit optimierten Steuerelementen für das Bauwesen

Der digitale Austausch von Texten oder Zeichnungen, die mit den oben erwähnten Erweiterungen erstellt wurden, wird derzeit nicht durch eine Kommunikations-Erweiterung realisiert, sondern durch die Einbettung externer webbasierter Systeme, die über die Browser-Erweiterung der Lernumgebung aufgerufen werden können.

3D-Begehungs-Erweiterung

Die 3D-Begehungs-Erweiterung ermöglicht das virtuelle Begehen eines Gebäudes. Der Einsatz der Erweiterung in einem Lernszenario der dritten Stufe ermöglicht zwei Arten der Nutzung:

- Der Lerner kann das Gebäude virtuell erkunden und hierbei Besonderheiten und Mängel feststellen und diese im virtuellen Gebäude durch das Plazieren von Markern kennzeichnen, die mit entsprechender Information hinterlegt sind. Abhängig vom Detaillierungsgrad des Gebäudes ermöglichen Lernszenarien dieser Art Projektarbeit zu ergänzen oder gar zu ersetzen, die mit einer realen

Begehung eines Gebäudes als Ausgangspunkt der Studie in Verbindung stehen.

- Informationen, die im Rahmen einer Projektarbeit in ein virtuelles Gebäude eingearbeitet wurden, können anderen Lernern zur Verfügung gestellt werden. Lerneinheiten, die dem Lerner Wissen in dieser Form vermitteln, zeichnen sich durch eine hohe Praxisorientierung aus und bieten dem Lerner zusätzlich Abwechslung in der Wissensvermittlung.

Abbildung 6.23 zeigt die Begehung eines virtuellen Gebäudes im Vollbildmodus und in der 3-Fenster-Ansicht der Lernumgebung. Die 3-Fenster-Ansicht ermöglicht das Platzieren von virtuellen Markern, die durch Texteinheiten ergänzt werden.

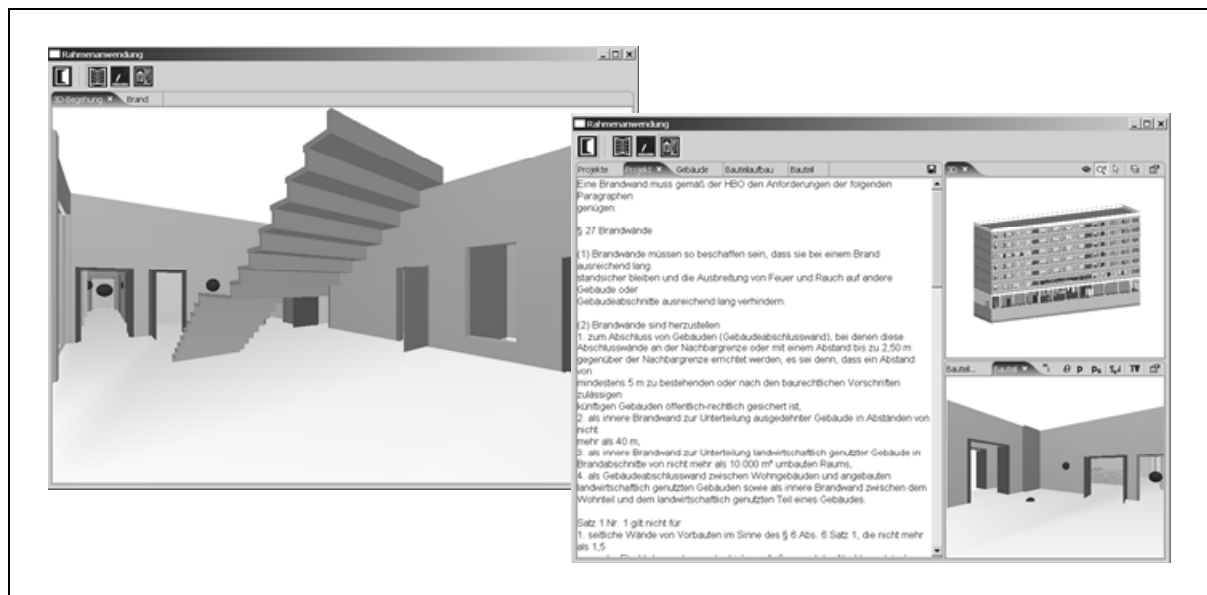


Abbildung 6.23: 3D-Begehungs-Erweiterung der Lernumgebung

7 Anwendung in der Bauphysik

7.1 Einleitung

Die Eignung des situationistischen Modells für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und die Umsetzung des Modells als modular erweiterbare Rahmenapplikation wurde im Rahmen dieser Arbeit in der studentischen Ausbildung am Fachgebiet für Baustoffe, Bauphysik und Bauchemie der Technischen Universität Darmstadt sowie zu Teilen in Weiterbildungsmaßnahmen der Ingenieurakademie Hessen überprüft. Die fachliche Ausrichtung der Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen erstreckte sich hierbei auf bauphysikalische Themen, die durch Inhalte, Übungen und Applikationen in der entwickelten Lernumgebung abgedeckt wurden.

Die nachfolgenden Abschnitte gehen auf die Besonderheiten der Verwendung der Lernumgebung im Bereich der Bauphysik ein, die sich in der Form einer bauphysikalischen Ausprägung des Gebäudedatenmodells und speziellen Erweiterungsmodulen darstellen, welche zur bauphysikalischen Nachweisführung erforderlich sind. Abschließend werden zwei typische Lernszenarien beschrieben, welche die Handhabung der Lernumgebung für die Aus- und Weiterbildung im Bauingenieurwesen abbilden.

7.2 Bauphysikalisches Datenmodell und Mustergebäude

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojektes *Multimediales Lernnetz Bauphysik* wurde als Kooperationsleistung ein Datenmodell entwickelt, welches die speziellen Belange der Bauphysik abdeckt. Das hierarchisch gegliederte XML-basierte Datenmodell erlaubt die eindeutige Beschreibung eines Gebäudes im bauphysikalischen Sinne, was bedeutet, dass alle zur bauphysikalischen Nachweisführung notwendigen Daten im Gebäudedatenmodell verankert und logisch untereinander verknüpft sind.

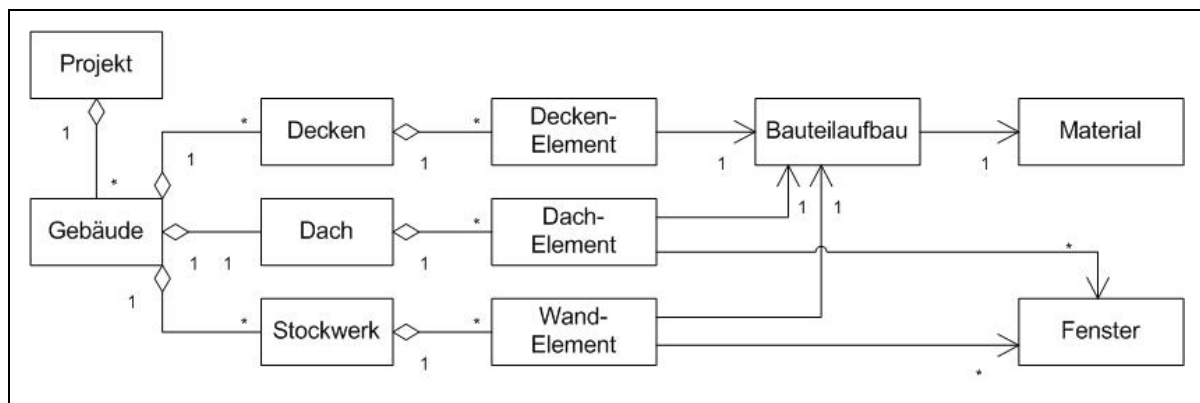


Abbildung 7.1: Hierarchie des bauphysikalischen Gebäudemodells

Die Verknüpfung der Elemente des Gebäudedatenmodells ist in Abbildung 7.1 dargestellt, welche zugleich die zugrunde gelegte hierarchische Gebäudestruktur widerspiegelt.

Entsprechend dem vorgegebenen Schema des bauphysikalischen Datenmodells wurden für die Nutzung der Lernumgebung Mustergebäude mittels der Konstruktionssoftware Architectural Desktop der Firma Autodesk [ADC2006] konstruiert und unter Verwendung der DXF-Schnittstelle in das Lernsystem importiert. Neben den in Abbildung 7.2 dargestellten Gebäudetypen, die vorrangig in Lern- und Übungsszenarien im Bereich des Wärme- und Feuchteschutzes zur Anwendung kommen, wurden zusätzlich komplexe Bürogebäude in das System integriert, an welchen Aspekte des baulichen Brandschutzes vermittelt werden.

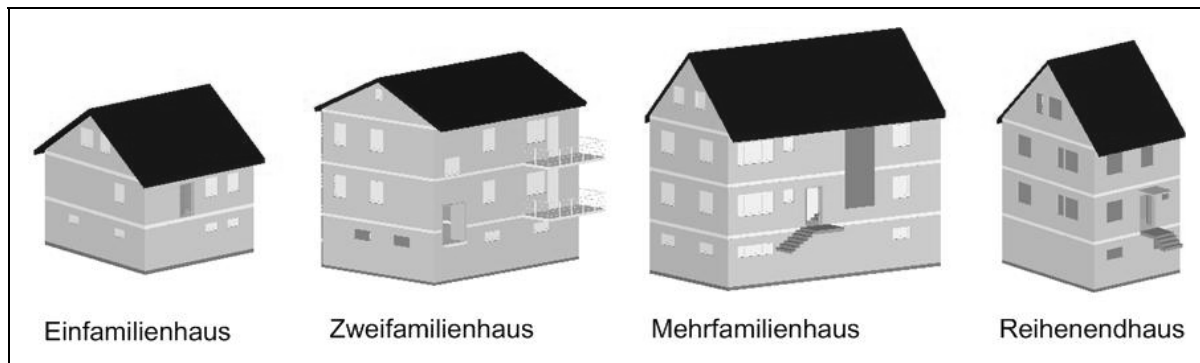


Abbildung 7.2: Mustergebäude der elektronischen Lernumgebung

7.3 Bauphysikalische Erweiterungsmodule

Die Möglichkeit der Veranschaulichung bauphysikalisch relevanter Aspekte durch die Integration von virtuellen Gebäuden wird durch Erweiterungsmodule ergänzt, welche die bauphysikalischen Nachweisführungen an den eingebetteten Gebäuden gestatten. Zur notwendigen Parametrisierung des Gebäudes stehen dem Lerner Basismodule in Form von Erweiterungen zur Verfügung, die entsprechend dem hierarchischen Aufbau des Datenmodells eine Belegung der grundlegenden Eigenschaftswerte eines Gebäudes ermöglichen. Die Beschreibung der allgemeinen Daten des Gebäudes durch Module, die nicht zwangsweise gekoppelt sind mit bauphysikalischen Berechnungen, birgt den Vorteil, dass einzelne bauphysikalische Nachweismodule nicht die Parametrisierung des kompletten Gebäudes realisieren müssen. Diese müssen lediglich die Bearbeitung von Daten ermöglichen, die zur Nachweisführung notwendig sind und nicht durch die Basiskomponenten abgedeckt werden. Nachfolgend werden die Basismodule und Erweiterungsmodule erläutert, die in einem bauphysikalischen Lernszenario von Belang sind.

Gebäude-Erweiterung

Die Gebäude-Erweiterung ermöglicht den Zugriff auf die allgemeinen gebäudespezifischen Daten des Gebäudedatenmodells. Neben numerischen Parametern wie Volumen, Fläche und Umfang des Gebäudes ermöglicht die Gebäude-Erweiterung zusätzlich die Beschreibung allgemeiner Daten des Gebäudes, beispielsweise eine Standortsbeschreibung oder die Angabe eines Baujahres.

Bauteilaufbau-Erweiterung

Die zuvor dargestellte Hierarchie des Gebäudedatenmodells zeigt, dass ein Gebäude aus Stockwerken, Decken und einem Dach besteht, die wiederum aus Elementen zusammengesetzt sind, den Bauteilen. Die Beschreibung der Bauteile bezüglich ihres geometrischen Aufbaus und des verwendeten Materials wird durch die Bauteilaufbau-Erweiterung ermöglicht. Über dieses Erweiterungsmodul ist es möglich, neue Bauteilaufbauten zu definieren, alte Aufbauten zu verändern oder zu löschen. Der integrierte Materialkatalog ermöglicht die Belegung der zuvor definierten Schichtenfolge mit genormten Materialien, die für eine realistische Berechnung des Gebäudes notwendig sind.

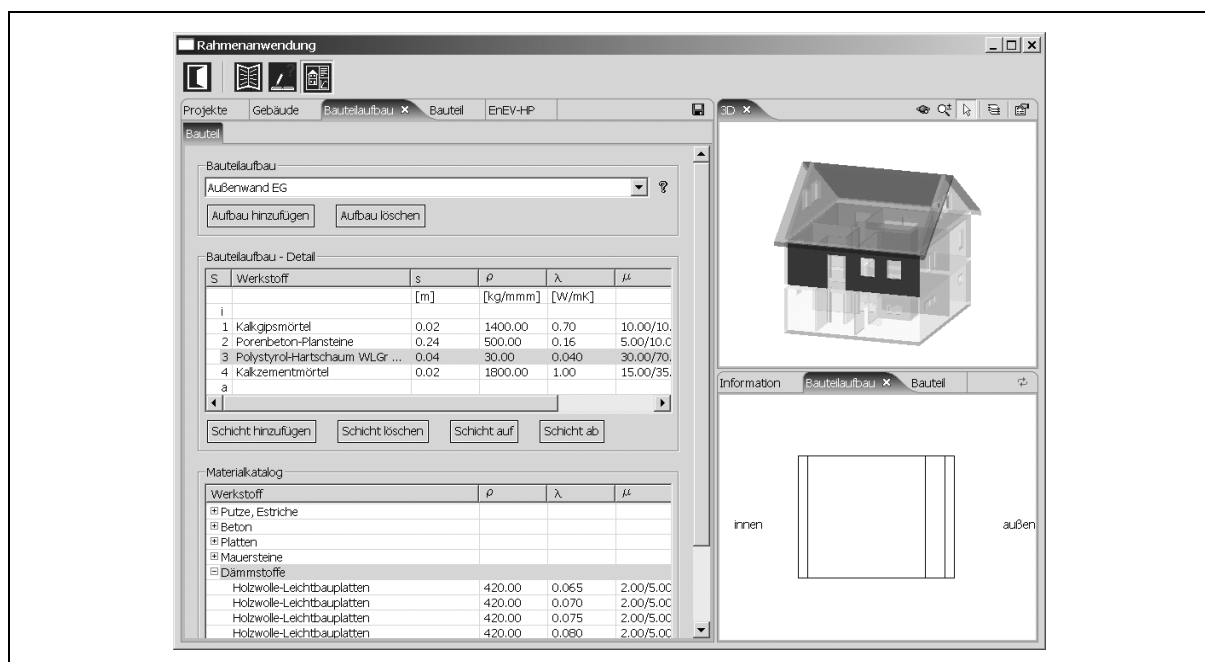


Abbildung 7.3: Bauteilaufbau-Erweiterung

Die Bauteilaufbau-Erweiterung präsentiert sich als 2-Fenster-Modul. Das linke Hauptfenster dient der Belegung des Bauteilaufbaus, der im Fenster unten rechts dargestellt wird. Die graphische Visualisierung des Bauteilaufbaus gewährleistet dem Benutzer das schnelle Erkennen eines Fehlers bezüglich der einzelnen Schichtdicken und deren Reihenfolge und trägt somit zur Fehlervermeidung im Aufbau bei.

Bauteil-Erweiterung

Wie auch die Bauteilaufbau-Erweiterung präsentiert sich die Bauteil-Erweiterung als 2-Fenster-Modul, das über eine Eingabemaske im linken Hauptfenster und über eine Visualisierungskomponente im unteren rechten Fenster verfügt. Die Bauteil-Erweiterung nutzt die 3D-Erweiterung: Ein im virtuellen Gebäude selektiertes Bauteil wird von der Erweiterung zur Bearbeitung in die Eingabemaske geladen und zweidimensional abgebildet. Bauteilaufbauten, die zuvor in der entsprechenden Erweiterungskomponente definiert wurden, können dem ausgewählten Bauteil zugewiesen werden. Die Erweiterung ermöglicht zusätzlich die Bearbeitung von bauteilspezifischen Parametern, die zur bauphysikalischen Auswertung notwendig sind.

Neben der Bearbeitung der bauteilspezifischen Parameter berechnet die Bauteil-Erweiterung automatisch den U-Wert des Bauteils und stellt diesen dar. Die Anzeige der wichtigsten Größe im Wärmeschutz ermöglicht es dem Lerner, eine schnelle bauphysikalische Einschätzung über das Bauteil zu erlangen und dieses gegebenenfalls abzuändern. Eine Veränderung der Materialeigenschaften des Bauteils kann nur über die Bauteilaufbau-Erweiterung erfolgen, wohingegen die Veränderung der Schichtdicken direkt in der Bauteil-Erweiterung durchgeführt werden kann. Der Lerner kann wahlweise die in der Tabelle aufgeführten Schichtdicken numerisch verändern oder mittels der interaktiven 2D-Darstellung die Schichtdicke einer Schicht durch Ziehen mit der Maus an der entsprechenden Stelle verändern (siehe Abbildung 7.4).

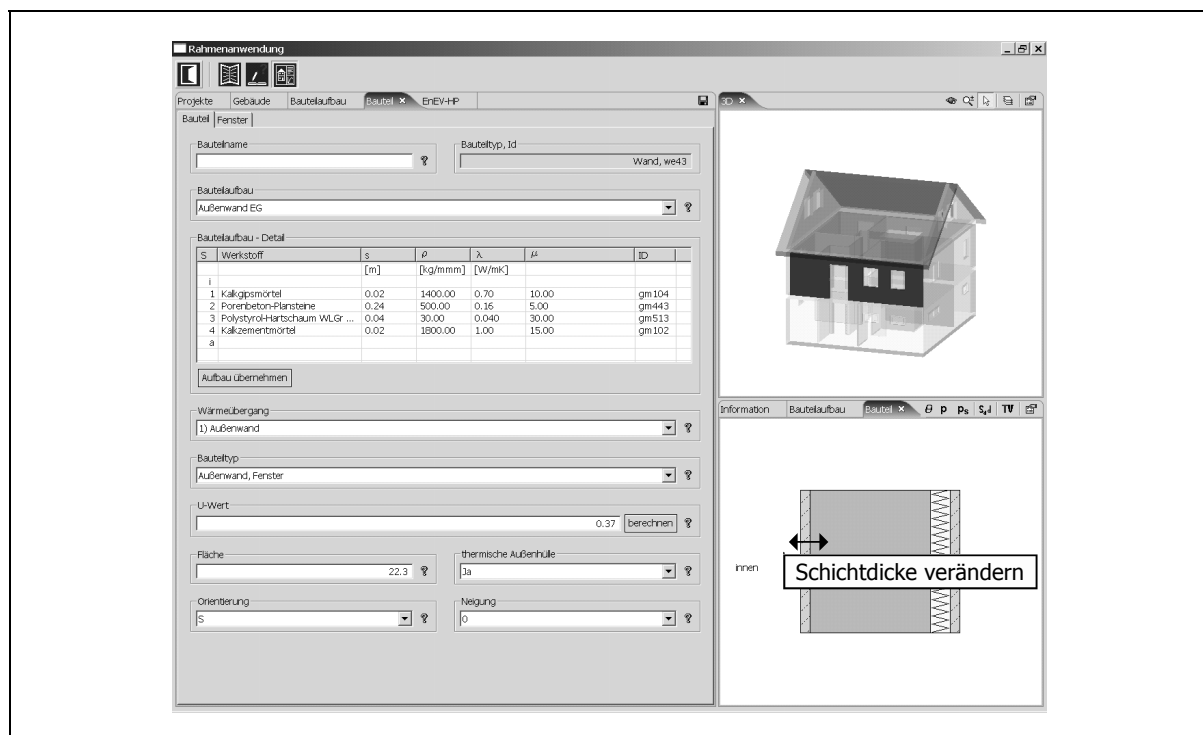


Abbildung 7.4: Verändern der Schichtdicke in der Bauteil-Erweiterung mittels Maus

Die automatische Neuberechnung des U-Wertes bei geändertem Schichtaufbau ermöglicht dem Lerner auf einfache Weise ein Verständnis über den Einfluss der Schichtdicken in Verbindung mit den Materialeigenschaften zu erlangen. Veränderungen der Schichtdicken, die in der Bauteil-Erweiterungen gemacht wurden, können in den Bauteilaufbau direkt durch betätigen einer entsprechenden Taste übernommen und im Gebäudedatenmodell abgespeichert werden.

Glaser-Diagramm

Das Bauteilmodul wird durch die Darstellung des Temperaturverlaufes im Bauteilquerschnitt und durch Diffusionsdiagramme erweitert, die eine feuchteschutztechnische Beurteilung eines Bauteils infolge Wasserdampfdiffusion erlauben (siehe Abbildung 7.5). Durch die zuvor erläuterte interaktive 2D-Darstellung des Bauteilquerschnittes kann der Lerner schnell die Einflussgrößen der Tauwasserbildung erkennen und vermeiden lernen. Insbesondere die Gegenüberstellung der wärmeschutztechnischen Berechnung mit der feuchteschutztechnischen Berechnung in der Bauteil-Erweiterung liefert dem Lerner wesentliche Erkenntnisse über die bauphysikalischen Eigenschaften eines Bauteilaufbaus und der verwendeten Materialien.

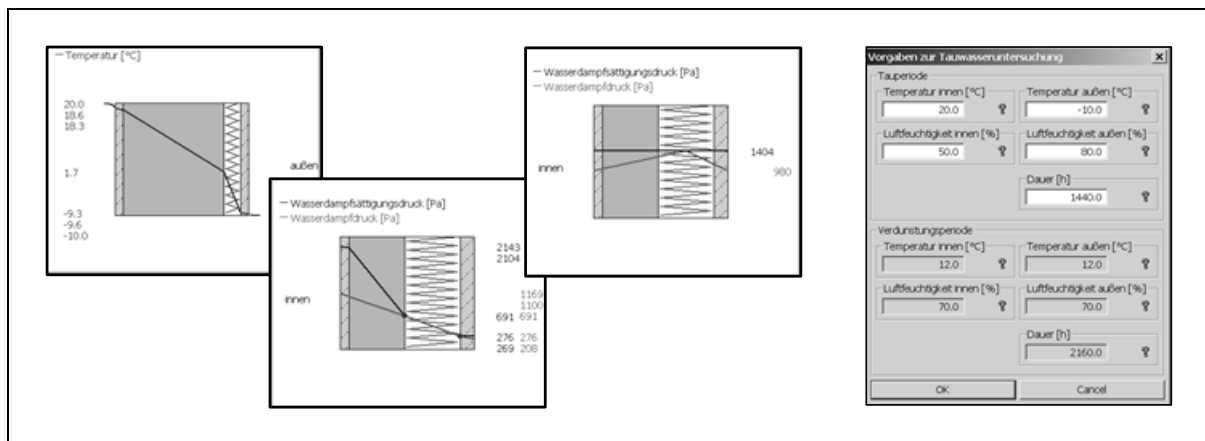


Abbildung 7.5: Temperaturverlauf, Diffusionsdiagramme und Randbedingungen zur feuchteschutztechnischen Beurteilung in der Bauteil-Erweiterung

Fenster

Die Bauteil-Erweiterung ermöglicht neben der Bearbeitung von Wänden, Decken und Dächern ebenfalls den Zugriff auf die Fenster und Türen des Gebäudes. Initiiert durch die Selektion eines Fensters beziehungsweise einer Tür wird im Hauptfenster der Erweiterung eine Eingabemaske aktiviert, mittels welcher die fenster- oder türspezifischen Parameter eingesehen und bearbeitet werden können (siehe Abbildung 7.6).

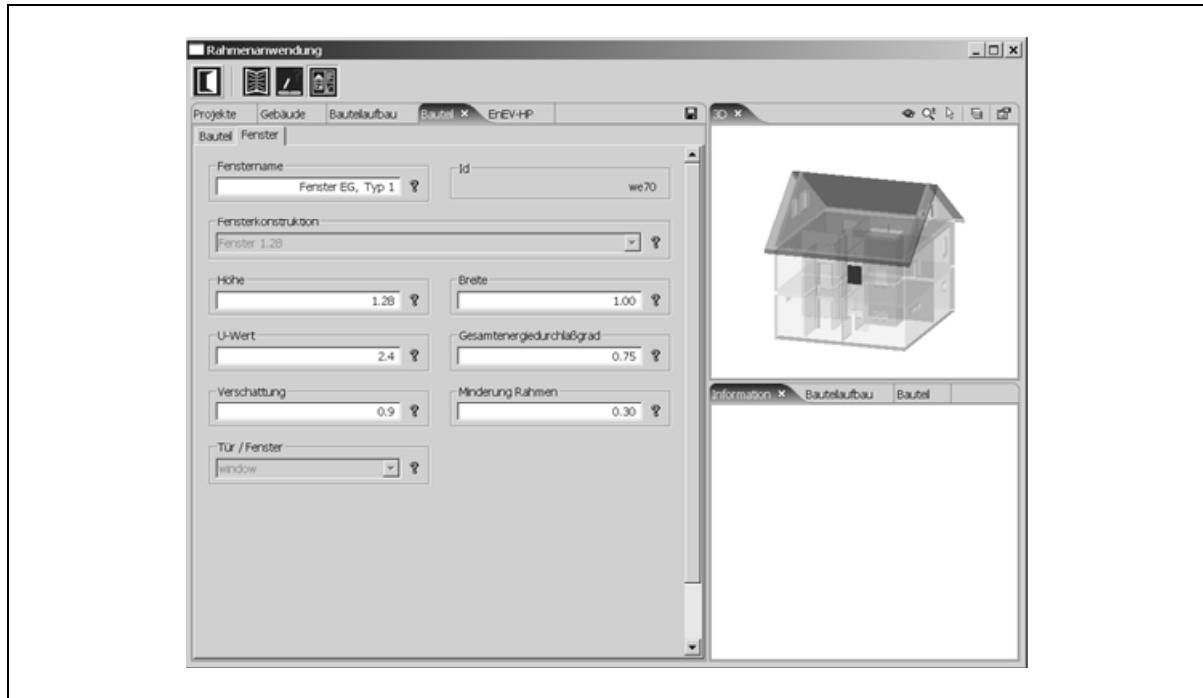


Abbildung 7.6: Zugriff auf Fenster- und Türparameter durch die Bauteil-Erweiterung

Die Bauteil-Erweiterung repräsentiert das umfangreichste Basismodul, das neben den Basismodulen der Gebäude-Erweiterung und der Bauteilaufbau-Erweiterung die bauphysikalische Belegung des Gebäudedatenmodells ermöglicht.

EnEV-Erweiterung

Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Basismodulen handelt es sich bei der EnEV-Erweiterung um ein reines Nachweismodul, das entsprechend der Parametrisierung des Gebäudes durch die Basismodule den Wärmeschutznachweis nach dem Heizperiodenverfahren erlaubt. Das EnEV-Modul ist so aufgebaut, dass die wesentlichen Punkte des Verfahrens jeweils getrennt durch einen untergeordneten Reiter dargestellt werden. Dies sind

1. Gebäudedaten
2. Transmissionswärmeverluste
3. Lüftungswärmeverluste
4. Solare Warmegewinne
5. Interne Gewinne
6. Anlagenaufwandszahl
7. Jahres-Heizwärmebedarf
8. Spezifischer flächenbezogener Heizwärmebedarf
9. Jahres-Primärenergiebedarf

Die Untergliederung des EnEV-Moduls in neun Reiter erlaubt eine übersichtliche Darstellung des Verfahrens. Abbildung 7.7 stellt das EnEV-Modul dar, das in die Rahmenanwendung eingebettet ist und drei weitere Reiter, die schematisch den Aufbau der Erweiterung skizzieren sollen.



Abbildung 7.7: Untergliederung der EnEV-Erweiterung durch Reiter

Veränderungen des der Berechnung zugrunde liegenden Gebäudedatenmodells durch die Basismodule werden der EnEV-Erweiterung durch die Erweiterungskomponente der Rahmenanwendung übermittelt und in der EnEV-Erweiterung automatisch aktualisiert. Das EnEV-Erweiterungsmodul selbst interagiert mit der 3D-Erweiterung: Bauteile, die zu den Wärmegewinnen beziehungsweise den Wärmeverlusten beitragen und in den zugehörigen Tabellen aufgeführt sind, können in der 3D-Erweiterung durch Selektion der entsprechenden Tabellenzeile hervorgehoben werden.

7.4 Anwendungsbeispiele

Zur Nutzungsbeschreibung der Lernumgebung werden nachfolgend zwei Lernszenarien der prozeduralen und der konditionalen Wissensvermittlung illustriert. Die Beschreibung der Lerneinheiten der zweiten und der dritten Stufe weist neben der allgemeinen Handhabung des Systems die Bezüge zu den Lehrschritten nach Gagné aus, die im 3-Stufen-Modell zur Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren verantwortlich sind.

Ein Lernszenario der ersten Stufe wird nicht explizit aufgeführt, lediglich die Einbindung einer solchen Lerneinheit wird im Rahmen des Lernszenarios der dritten Stufe dargestellt.

7.4.1 Lernszenario der zweiten Stufe

Das Szenario der prozeduralen Wissensvermittlung startet mit einer praxisorientierten Einführungsphase, die den Lerner thematisch sensibilisiert. Der Lerner wird über die Ziele der Lerneinheit und das notwendige Vorwissen informiert, bevor er mit der konkreten Bearbeitung der Übungseinheit beginnt (siehe Abbildung 7.8).

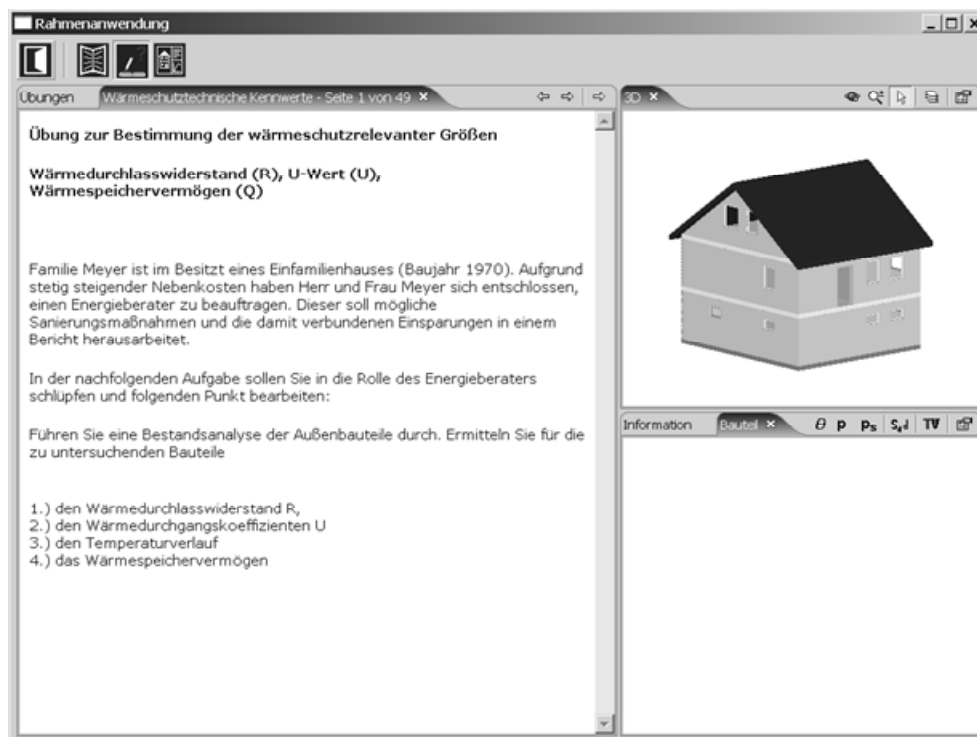


Abbildung 7.8: Einführung in das Übungsszenario

Im Gegensatz zu einer Lerneinheit der dritten Stufe wird in einer Übungseinheit der zweiten Stufe das zur Bearbeitung notwendige Basiswissen aufgeführt (siehe Abbil-

dung 7.9). Zudem erhält der Lerner konkrete Handlungsanweisungen, die den Umgang mit der Lernumgebung anleiten (siehe Abbildung 7.10).

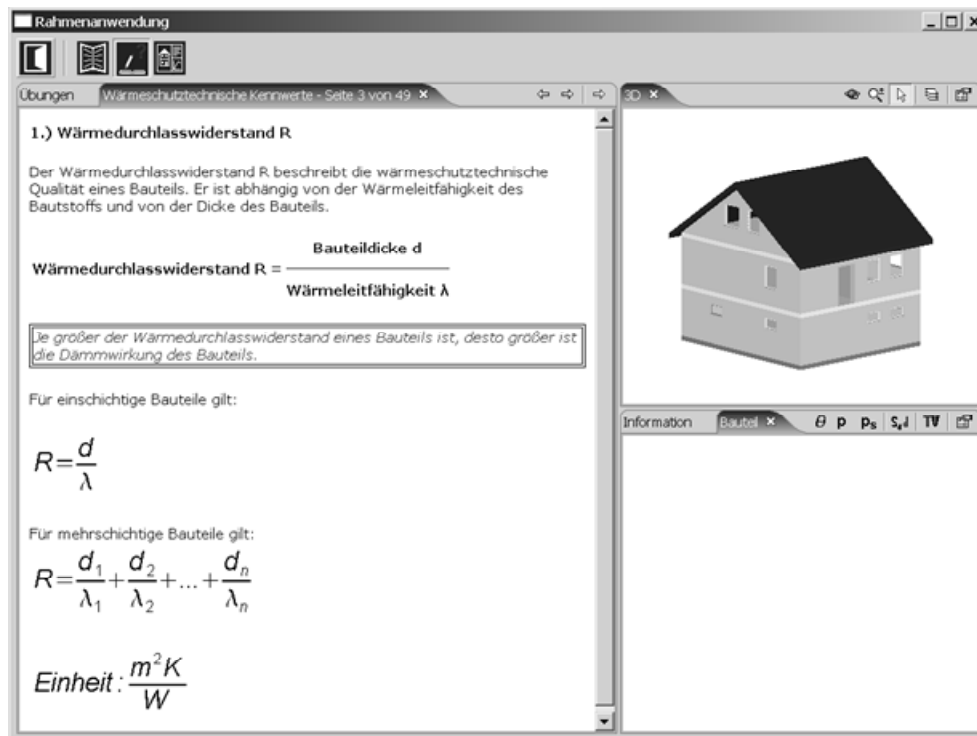


Abbildung 7.9: Darstellen des Lehrstoffes



Abbildung 7.10: Lernen anleiten

Die aktive Phase der Anwendung des Lehrstoffes wird durch Formulare realisiert, die vom Lerner zu vervollständigen sind (siehe Abbildung 7.11). Die Bearbeitung der Aufgabe wird unterstützt durch Zusatzinformationen, die bei Bedarf aufgerufen werden können und im Informationsfenster rechts unten zur Anzeige gebracht werden. Abbildung 7.12 zeigt im Informationsfenster die Darstellung einer Formel, die zur Bearbeitung des Aufgabenschrittes erforderlich ist. Fehlerhafte Benutzereingaben werden vom System durch hervorheben des entsprechenden Eingabefeldes visualisiert. Zusätzlich wird dem Benutzer konkrete Hilfestellung in Textform gegeben, welche in einem Dialog oberhalb des Eingabebereiches zur Anzeige gebracht wird.

Ist ein Aufgabenschritt korrekt abgearbeitet worden, wird dies dem Lerner vom System mitgeteilt. Lösungen, die in Zusammenhang mit Erweiterungsmodulen stehen, werden entsprechend ausgewiesen (siehe Abbildung 7.13).

Weiterhin wird die Möglichkeit aufgezeigt, jeden Fensterbereich bei Bedarf im Vollbildmodus darstellen zu können (siehe Abbildung 7.13). Diese Funktionalität erleichtert das Einsehen von Zusatzinformationen und die Bearbeitung von Eingabefeldern, die im 3-Fenster-Modus der Anwendung ansonsten nur durch verschieben des Bildbereiches vollständig zur Anzeige gebracht werden können.

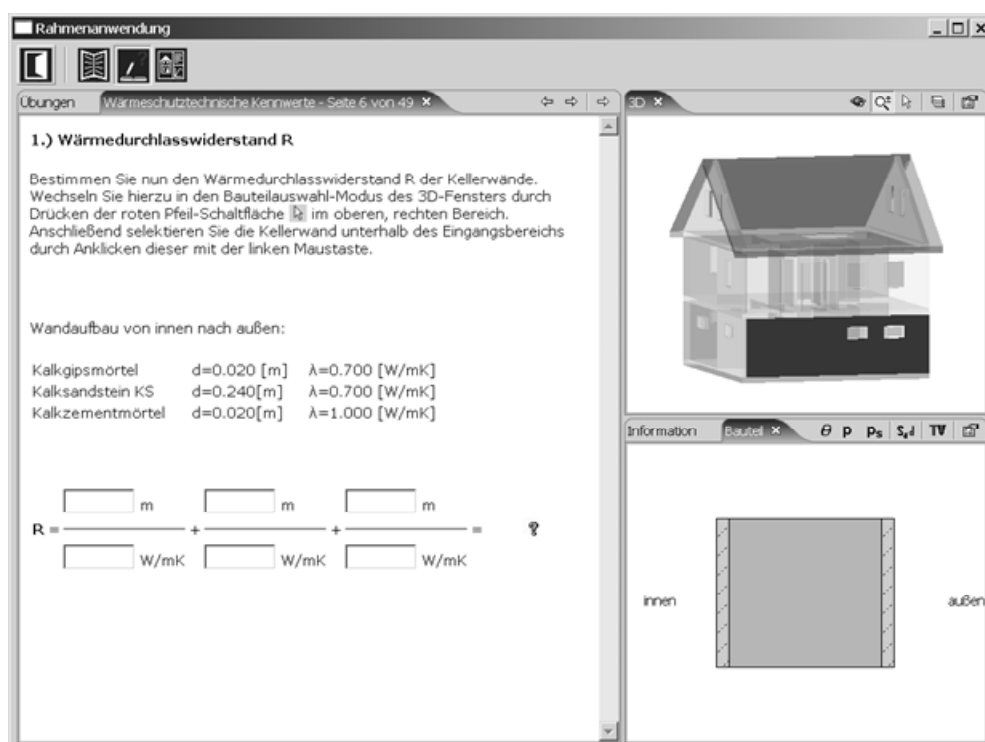


Abbildung 7.11: Anwenden des Lehrstoffes

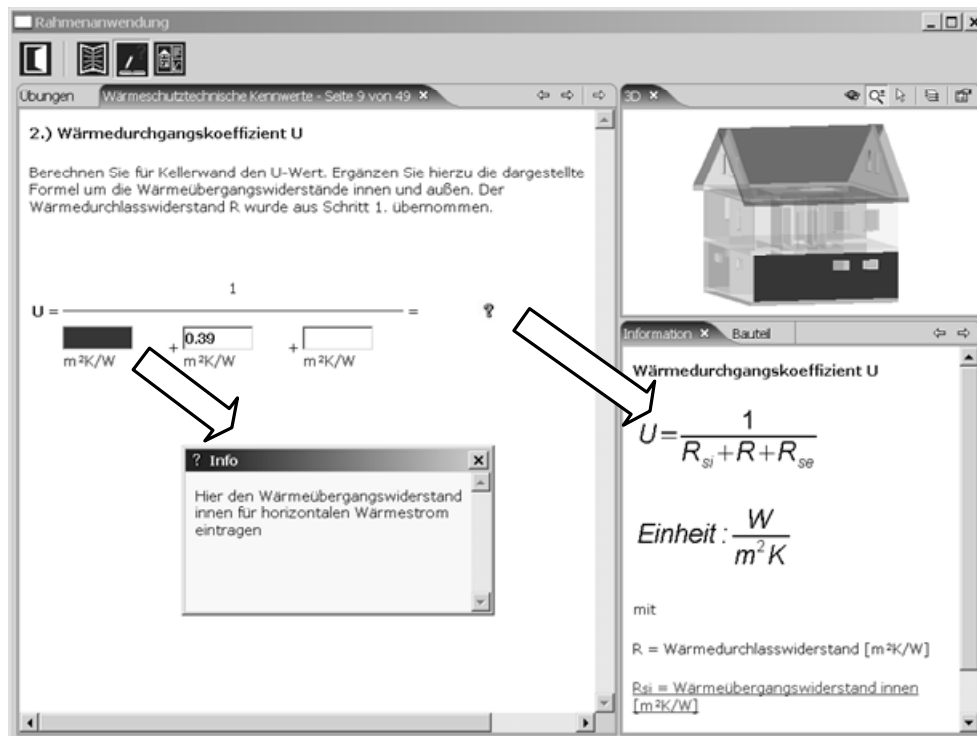


Abbildung 7.12: Leistung kontrollieren, Information und Hilfestellung geben

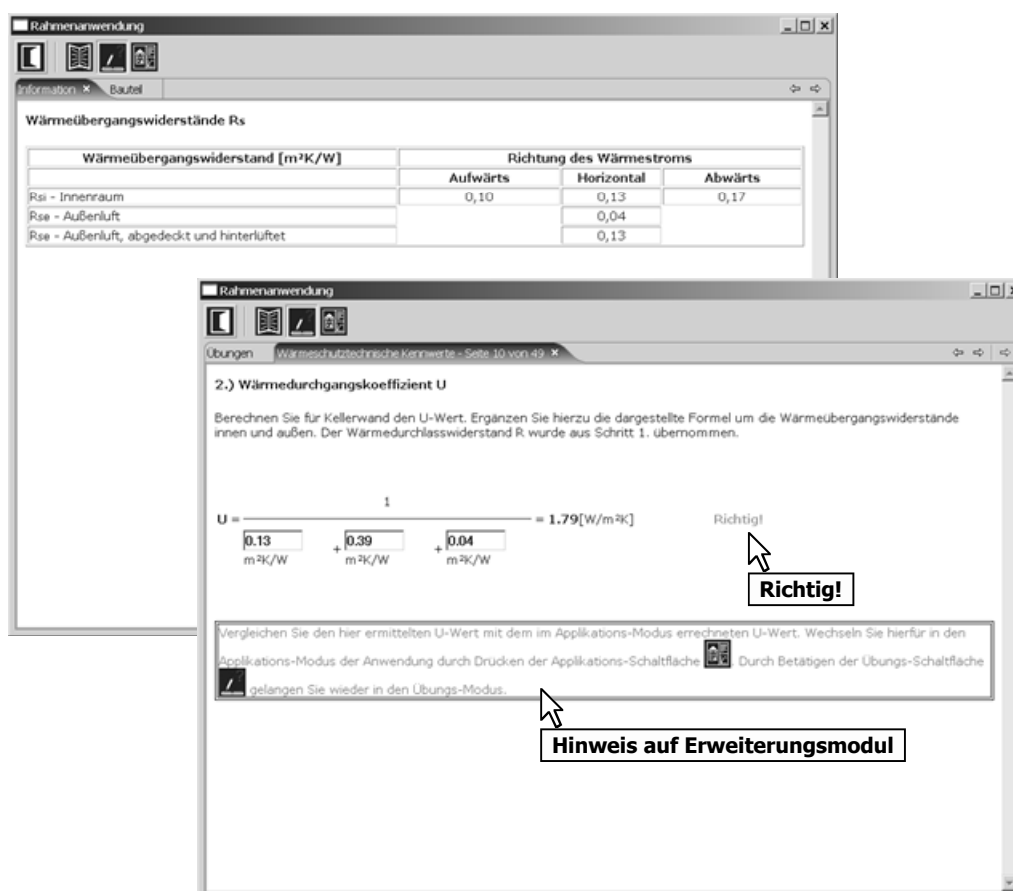


Abbildung 7.13: Rückmeldung geben und Zusammenhang herstellen

Der sich steigernde Anspruch an den Lerner während der Bearbeitung eines Übungsszenarios ist in Abbildung 7.14 skizziert. Mit zunehmender Erfahrung werden mehr Textfelder durch Eingabefelder ersetzt, die vom Lerner zur Bearbeitung der Aufgabe auszufüllen sind.

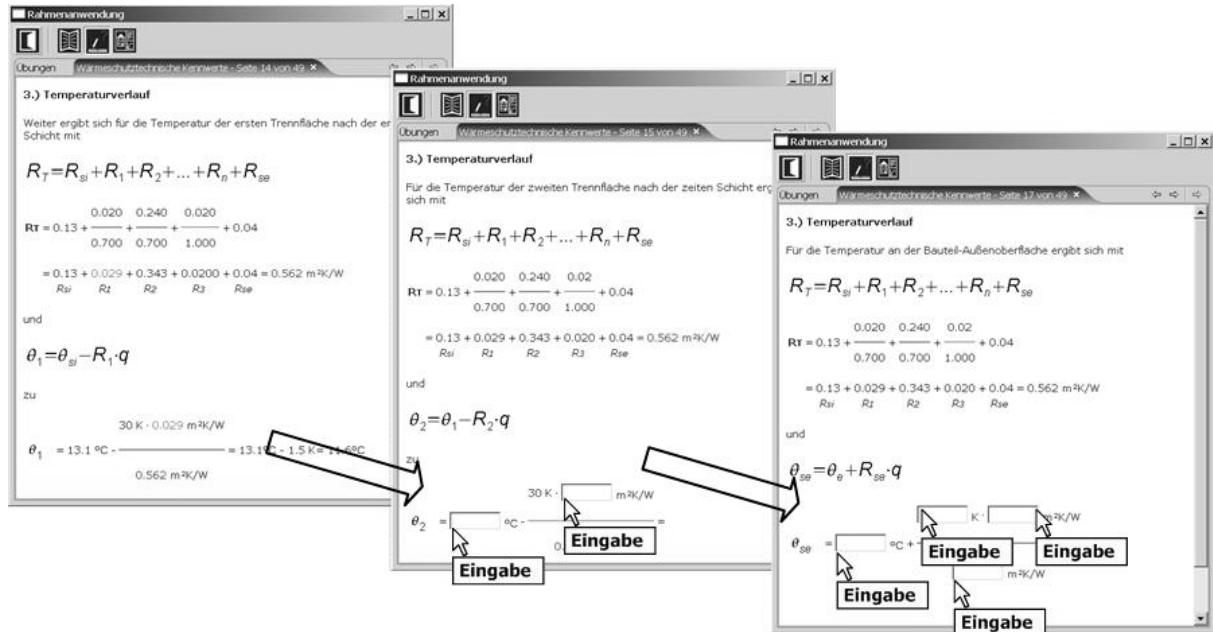


Abbildung 7.14: Steigerung der Anforderungen während des Übungsszenarios

Der erfolgreiche Abschluss einer Teilaufgabe beziehungsweise der kompletten Lerneinheit ist in Abbildung 7.15 und Abbildung 7.16. dargestellt. Abbildung 7.15 zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse einer Teilaufgabe. Das Behalten und die Transfersicherung des vermittelten Lehrstoffes werden im skizzierten Fall zusätzlich durch die Visualisierung des Ergebnisses gefördert: Das vom Lerner erarbeitete Ergebnis wird der graphischen Lösung der Bauteil-Erweiterung im unteren rechten Fenster gegenübergestellt.

Komplettiert wird die Zusammenfassung des Lernszenarios der zweiten Stufe durch eine fachmännische Beurteilung der Lösung des Problems. Sie bildet den praxisorientierten Abschluss der Lerneinheit und kann zugleich als Verweis auf weiterführende Lerneinheiten genutzt werden.

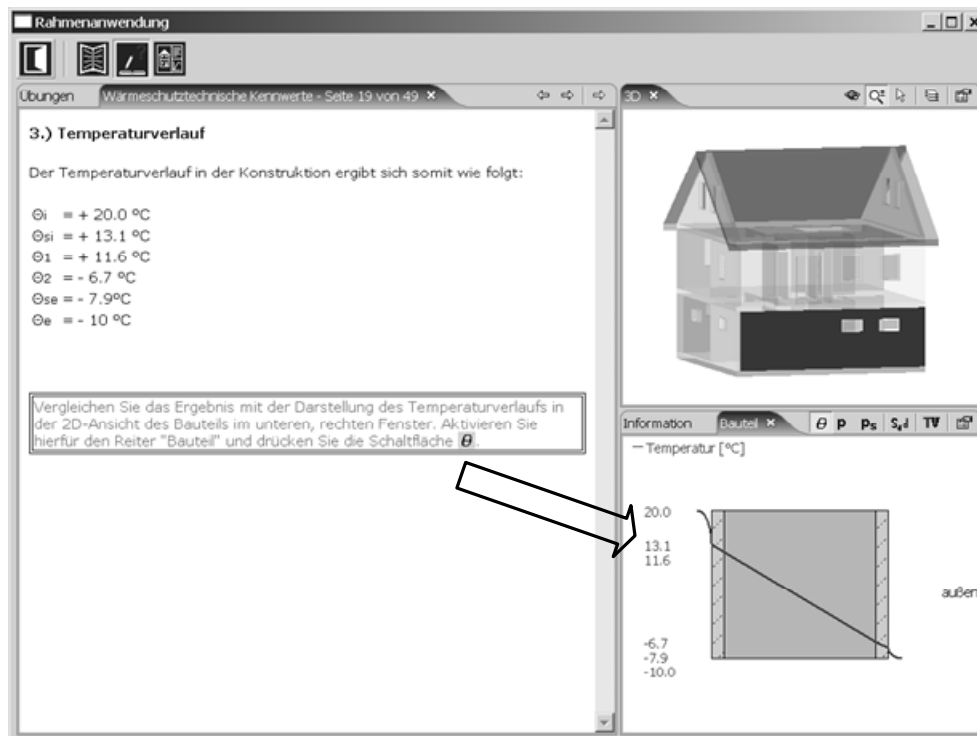


Abbildung 7.15: Behalten und Transfersicherung durch Visualisierung der Ergebnisse

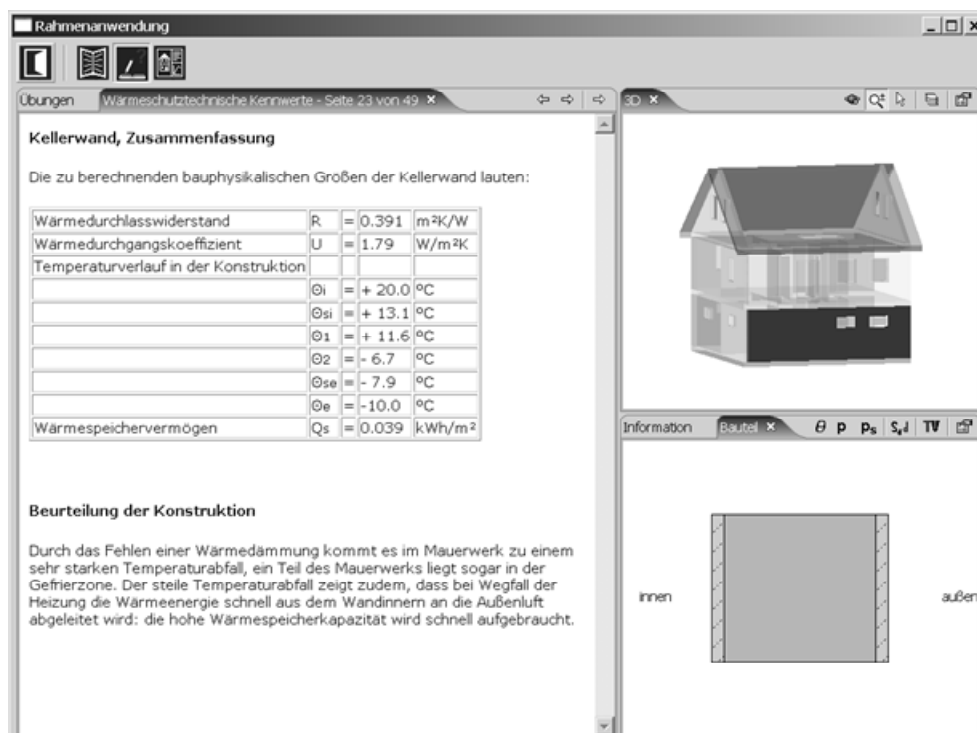


Abbildung 7.16: Behalten und Transfersicherung durch zusammenfassen der Ergebnisse und einer fachmännischen Beurteilung

7.4.2 Lernszenario der dritten Stufe

Die nachfolgend skizzierte Lerneinheit der dritten Stufe beschreibt eine im Rahmen der Bauphysik-Vorlesung durchgeführte Projektarbeit. Ziel der Arbeit war es, an einem bauphysikalisch unbeschriebenen Gebäudegerüst Grundsätzliches zur Konstruktion, zum Feuchteschutz und zum Wärmeschutz zu erlernen beziehungsweise zuvor vermitteltes Wissen anzuwenden (siehe Abbildung 7.17). Die Bearbeitung der Fragestellungen erfolgte in Lernergruppen von drei bis vier Personen. Die zur Bearbeitung notwendigen Informationen und bauphysikalischen Nachweisverfahren wurden den Lernern über die entwickelte Lernumgebung zur Verfügung gestellt.



Abbildung 7.17: Bauphysikalisch unbeschriebenes Gebäude als Ausgangssituation der Projektstudie

Um die im Lernsystem integrierten Nachweisverfahren anwenden zu können, musste im ersten Schritt das vorgegebene Gebäude parametrisiert werden. Das Definieren von Bauteilaufbauten durch die Bauteilaufbau-Erweiterung und das anschließende Zuweisen der Aufbauten zu konkreten Bauteilen mittels der Bauteil- und der 3D-Erweiterung sowie die Belegung der Fenster- und Türflächen gehörten zu den primären Tätigkeiten, die von den Lernern hierbei durchzuführen waren (siehe Abbildung 7.18).

Die anschließende bauphysikalische Auswertung der Gebäudeparametrisierung durch die eingebundenen Nachweismodule und die Gegenüberstellung der Ergebnisse mit zugehörigen Wissensseinheiten der ersten Stufe (siehe Abbildung 7.19) beschreibt den iterativen Prozess zwischen Anwendung, Kontrolle und Verbesserung, der zur Lösung der Aufgabenstellung zu durchlaufen war (siehe Abbildung 7.20).

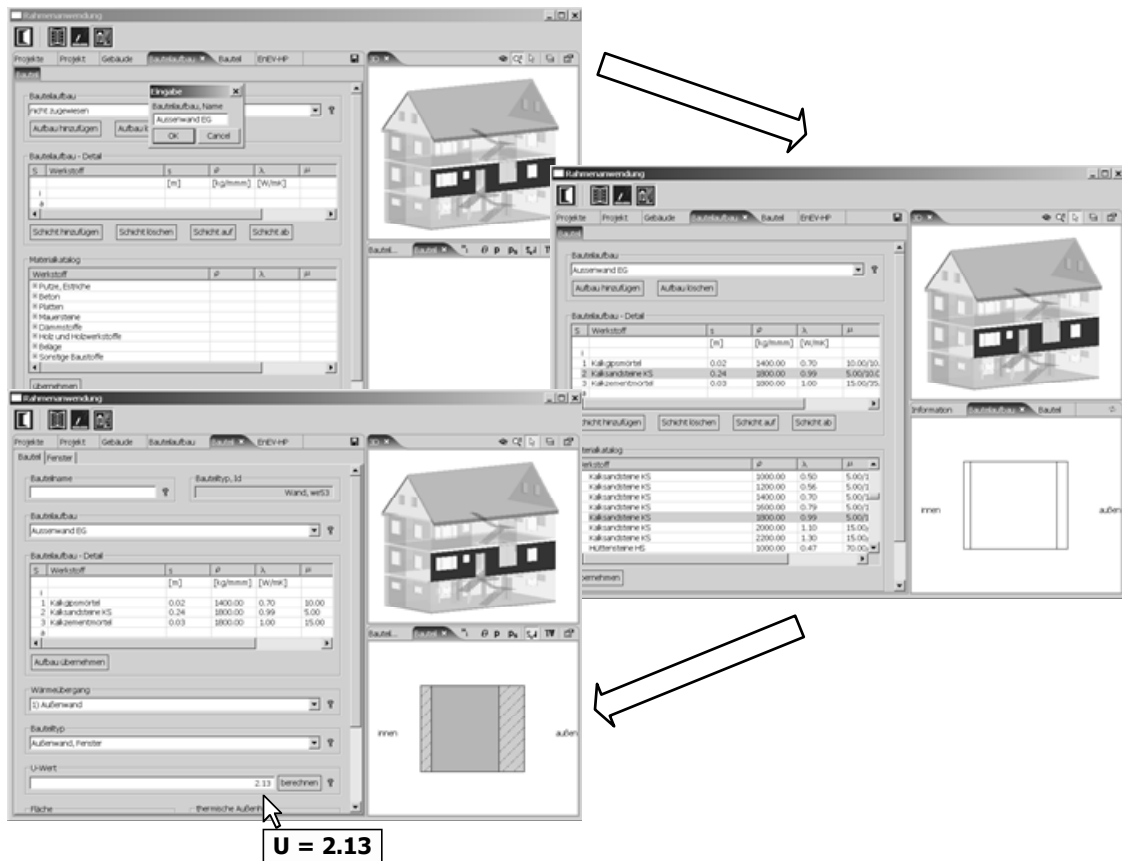


Abbildung 7.18: Definition und Zuweisung von Bauteilaufbauten bei gleichzeitiger Berechnung bauphysikalischer Größen

Rahmenanwendung

Inhalte BrEV 2004

100%

 Erstellen von für jeden zugänglichen Dokumenten

Tabelle 1

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Gebäude nach § 1 Abs. 1 Nr. 1 maximaler Wärmedurchgangskoeffizient $U_{\max}^{1)}$ in $W / (m^2 \cdot K)$	Gebäude nach § 1 Abs. 1 Nr. 2
	1	2	3	4
1 a	Außenwände	allgemein	0,45	0,75
b		Nr. 1 b, d und e	0,35	0,75
2 a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,7 ²⁾	2,8 ²⁾
b		Verglasungen	1,5 ³⁾	keine Anforderung
c		Vorhangfassaden	allgemein	1,9 ⁴⁾
3 a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,0 ²⁾	2,8 ²⁾
b		Sonderverglasungen	1,6 ³⁾	keine Anforderung
c		Vorhangfassaden mit Son-	Nr. 6 Satz 2	2,3 ⁴⁾

$U_{\max} = 0.35$

209,9 x 297 mm

27 von 29

Abbildung 7.19: Zugriff auf Informationen der abstrakten Wissensvermittlung zur bauphysikalischen Beurteilung der Konstruktion

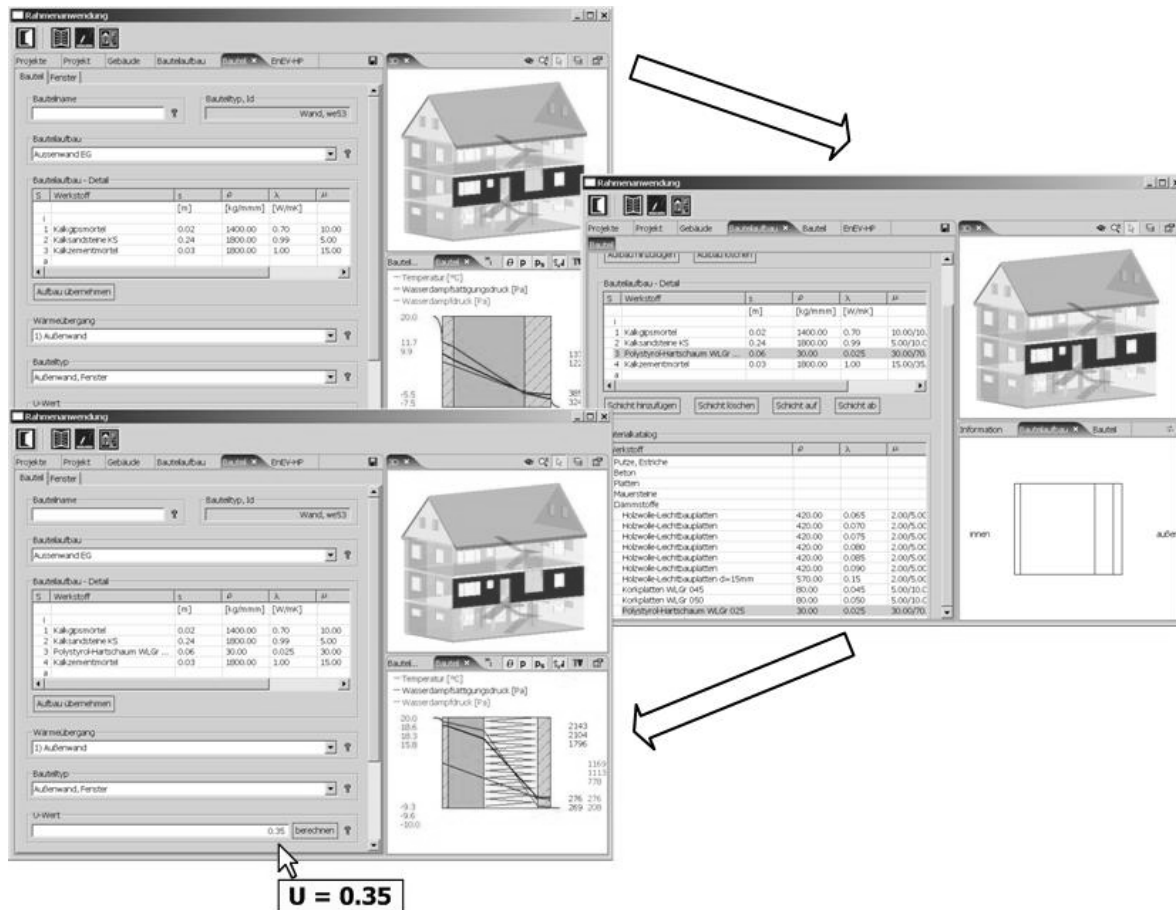


Abbildung 7.20: Lösung der Aufgabe durch Iteration von Anwendung und eigenständiger Kontrolle

Fragen, die sich während der Bearbeitung der Aufgaben stellten und nicht vom Lerner eigenständig gelöst werden konnten, wurden in Sprechstunden oder durch den Einsatz digitaler Kommunikationstechnologie geklärt. Abbildung 7.21 zeigt den Informationsaustausch zwischen Lerner und Lehrer mittels E-Mail.

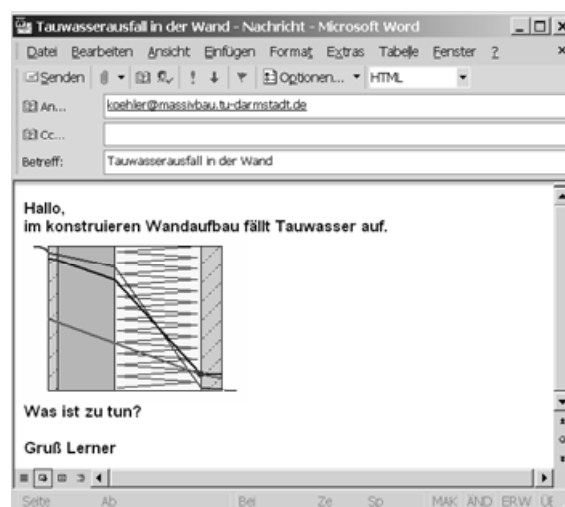


Abbildung 7.21: Interaktion zwischen Lerner und Lehrer mittels E-Mail

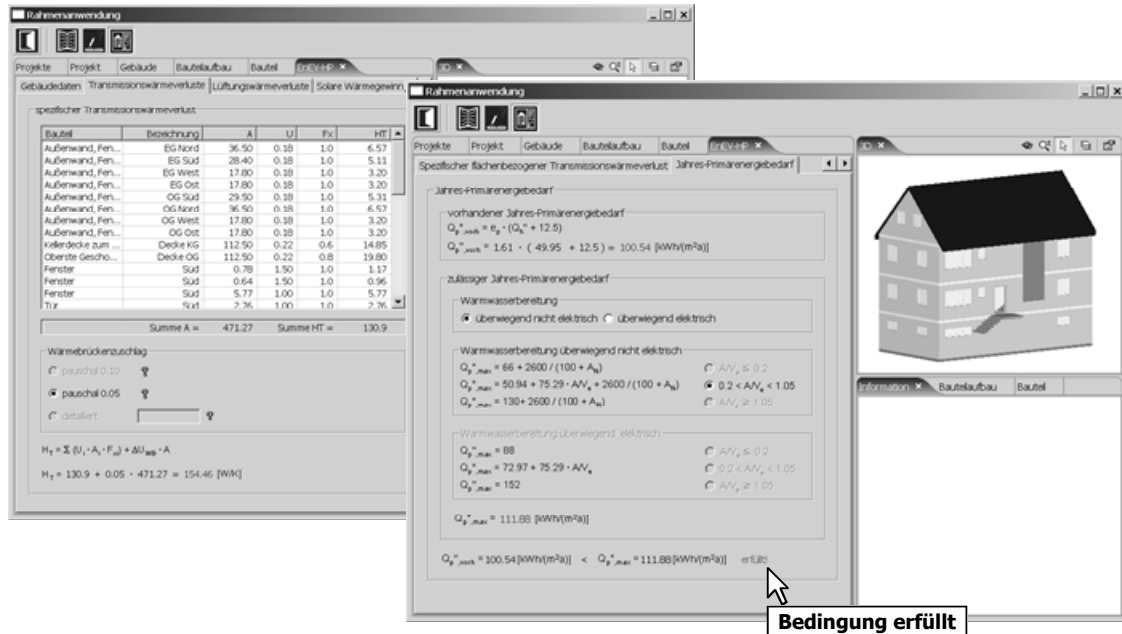


Abbildung 7.22: Energetischer Nachweis des Gebäudes mittels EnEV-Erweiterung

Nach der Bearbeitung der Aufgaben und der abschließenden energetischen Bewertung des konzipierten Gebäudes (siehe Abbildung 7.22) waren die Ergebnisse von den Lernern unter der Zuhilfenahme der im Lernsystem integrierten Erweiterungen zusammenzufassen und zu präsentieren (siehe Abbildung 7.23).

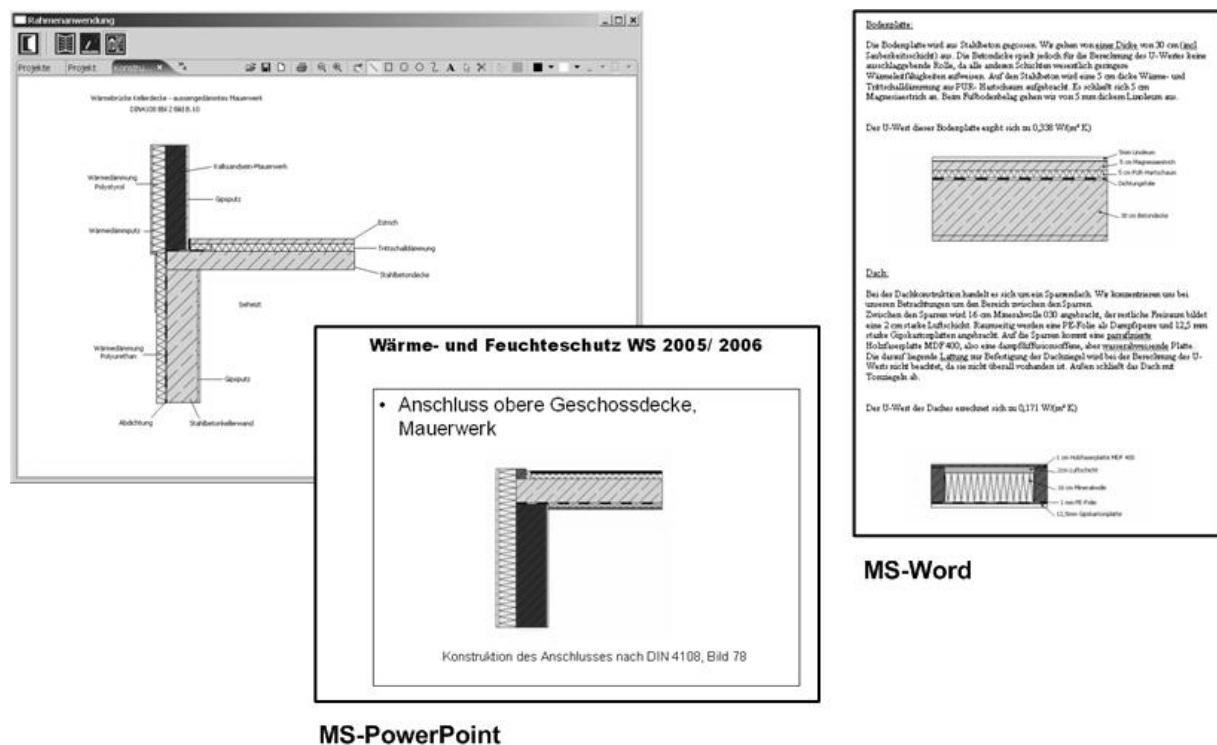


Abbildung 7.23: Zusammenfassen und präsentieren der Ergebnisse

8 Zusammenfassung und Ausblick

8.1 Zusammenfassung

Die Zusammenfassung der wesentlichen Beiträge und Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit erfolgt gemäß der Untergliederung der Zielsetzung der Arbeit in drei Blöcke, in welchen auf das entwickelte didaktische Modell der elektronischen Lernumgebung, die informationstechnische Umsetzung des Modells und das fachliche Bindeglied in der Form von virtuellen Gebäuden eingegangen wird:

- Das 3-Stufen-Modell zur elektronischen Wissensvermittlung unter dem Aspekt des situierten Lernens erweist sich als geeignet, anwendbares Wissen anstelle von trägem Wissen zu generieren. Evaluationsergebnisse zeigen, dass die Lerner sehr schnell in die Lage versetzt werden, Nachweisverfahren eigenständig anzuwenden, nachdem diese zuvor stufenweise vermittelt wurden. Insbesondere die kontextspezifische Wissensvermittlung bei gleichzeitig hohem Interaktionsgrad zwischen der Lernumgebung und den Lernern wirkte sich, nicht zuletzt durch die hierdurch verstärkte Motivation auf der Seite des Lerner, positiv auf den Lernprozess aus. Im Bezug zur Handhabung der Lernumgebung kann festgestellt werden, dass die Wissensvermittlung in drei Stufen, die auf unterschiedlichen Lerntheorien und den darauf basierenden didaktischen Modellen basiert, zweckdienlich ist und den Lerner nicht überfordert.
- Die Umsetzung des entwickelten Modells als modular erweiterbare Rahmenanwendung zeigt eine gute Möglichkeit auf, elektronische Lernumgebungen zu implementieren. Die Aufteilung des Systems in eine Rahmenanwendung und Erweiterungskomponenten ermöglicht einen einfachen Ausbau der Lernumgebung. Das Gesamterscheinungsbild der Lernumgebung bleibt hierbei durch die vorgegebenen Schnittstellen unverändert und sorgt trotz einer Vielzahl von Erweiterungsmodulen für eine einfache Handhabung der Lernumgebung.

Die Einbettung des Webbrowsers als Erweiterungskomponente zur Darstellung HTML-basierter Informationen ermöglicht die Integration bestehender webbasierter Informations- und Testsysteme, die bereits in der multimedialen Lehre zur Anwendung kommen [SCN2003].

Übungen durch HTML-Formulare abzubilden stellt eine Möglichkeit dar, klassische Übungen der Präsenzlehre digital umzusetzen. Die Konfiguration multimedialer Lernszenarien durch die Verknüpfung von HTML-Dokumenten mit

anderen im System integrierten Erweiterungen trägt maßgeblich zur anwendbaren Wissensvermittlung bei.

Die Verbreitung der Lernumgebung mittels der Java Web Start Technologie realisiert eine adäquate Lösung, Software über das Internet zu verteilen. Die automatisierte Aktualisierung des Systems bei vorhandener Internetanbindung in Kombination mit der Möglichkeit, die Lernumgebung auch ohne aktive Internetanbindung im Offline-Modus betreiben zu können, erhöht die Nutzbarkeit des Systems und trägt zur positiven Bewertung der Anwender des Systems bei.

- Das Einbetten virtueller Gebäude als fachliches Bindeglied im 3-stufigen Lernprozess erweist sich als geeignetes Mittel, kontextspezifisch Wissen zu vermitteln. Die Einbindung der virtuellen Gebäude in allen drei Stufen der Wissensvermittlung ermöglicht eine durchgängige, authentische und praxisorientierte Wissensvermittlung.

Die Kombination der Elemente aus der Didaktik und der Informationstechnologie unter der Berücksichtigung des fachspezifischen Umfeldes ermöglicht eine ingenieurgerechte Aus- und Weiterbildung mittels elektronischer Medien. Die entwickelte Lernumgebung kann zur computerzentrierten Wissensvermittlung herangezogen werden aber auch ergänzend in einer Lernorganisation nach der Methode des *Blended Learning* eingebunden werden, in welcher klassische Lernmethoden der Präsenzlehre mit denen des E-Learnings verknüpft sind.

8.2 Ausblick

Im Rahmen der Arbeit wurde das entwickelte Modell zur elektronischen Wissensvermittlung bauphysikalischer Aspekte herangezogen. Eine Ausweitung der Anwendung auf andere Disziplinen des konstruktiven Ingenieurbaus ist eine nahe liegende Konsequenz, die sich aus der positiven Evaluierung der Einbindung der Lernumgebung in die Aus- und Weiterbildung ergibt. Die hierfür notwendigen Anpassungen des Gebäudedatenmodells stellen ein interessantes Tätigkeitsumfeld weiterer Arbeiten dar, wie auch die Entwicklung und Einbindung von fachspezifischen Erweiterungen, welche die Anwendung des vermittelten Wissens ermöglichen.

Neben der fachlichen Ausweitung des Handlungsrahmens der Lernumgebung werden technologische Aspekte neue Ansatzpunkte für zukünftige Tätigkeiten liefern: Die stetige Weiterentwicklung im Bereich der Informationstechnologie wird neue Möglichkeiten schaffen, die Wissensvermittlung über das Internet zu optimieren. Schnellere Internetverbindungen in Kombination mit neuen Komprimierungsverfahren

werden es in Zukunft erlauben, multimediale Wissensbausteine in Lernszenarien zu integrieren, die im Vergleich zu derzeitigen Inhalten einen markant höheren Detaillierungsgrad aufweisen werden. Auch die Integration von Online-Seminaren, die live über das Internet zu verfolgen sein werden, wird durch eine optimierte Übertragungstechnik des Webs zu einem festen Bestandteil der multimedialen Lehre werden.

Die technologische Weiterentwicklung wird sich weiterhin im Bereich der Kommunikation zwischen Lehrer und Lerner beziehungsweise der Lerner untereinander verfolgen lassen können. Neue Technologien wie *Voice over IP* (VoIP) ermöglichen schon heute ein breites Anwendungsspektrum und werden in Kürze ihren Weg in die multimediale Wissensvermittlung finden, um dem Kritikpunkt des sozial isolierten Lernens, der nicht selten im Umfeld elektronischer Lernumgebungen vorherrscht, entgegenzutreten.

Die modulare Architektur des Systems erleichtert die Integration der oben aufgeführten fachlichen und technischen Aspekte und bietet eine solide Basis für weitere Arbeiten.

Literaturverzeichnis

[ADC2006] Architectural Desktop, Autodesk, Internet, URL:

<http://www.autodesk.de/architecturaldesktop>

[ALU2002] Alur, D.; Crupi, J.; Malks, D.: core J2EE Patterns, Markt+Technik Verlag, München, 2002

[APA2006] The Apache Software Foundation, Internet, URL: <http://www.apache.org/>

[AYE1999] Ayers, D. et. al. : Professional Java Server Programming, Wrox Press Ltd, Birmingham, 1999

[BEH2006] Behaviorismus, Wikipedia, Internet, URL:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Behaviorismus>

[BRI2003] Brittain, J.; Darwin, I. F.: Tomcat - The Definitive Guide, O'Reilly & Associates, Inc., California, 2003

[CAV2003] Cavaness, C.: Programming Jakarta Struts, O'Reilly & Associates, Inc., California, 2003

[CGI2006] CGI, World Wide Web Consortium (W3C), Internet, URL:

<http://www.w3.org/CGI/>

[CMS2006] CMS, Wikipedia, Internet, URL:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Content-Management-System>

[COC2006] Cocoon, The Apache Software Foundation, Internet, URL:

<http://cocoon.apache.org/>

[DAU2005] Daum, B.: Rich-Client-Entwicklung mit Eclipse 3.1, dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg, 2005

[DID2006] Didaktik, Wikipedia, Internet, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Didaktik>

[FLA1998] Flanagan, D.: Java Examples in a Nutshell, O'Reilly & Associates, Inc., California, 1998

[GAG2005] Gagné, R. M.; Wagner, W. W.; Golas, K. C.; Keller, J. M.: Principles of Instructional Design, Wadsworth, Belmont, 2005

- [GAM2000] Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; Vlissides, J.: Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison-Wesley Longman, Bonn, 2000
- [GOD1999] Goodwill, J.: Developing Java Servlets, Sams Publishing, Indiana, 1999
- [GRU2003] Grübl, P.; Schnittker, N.; Schmidt, B.: Gibt es den "elektronischen Nürnberger Trichter"? , in: Medien in der Wissenschaft - Digitaler Campus, Band 24, Waxmann Verlag GmbH, Münster, 2003
- [HAE2005] Häfele, H.; Maier-Häfele, K.: Open-Source-Werkzeuge für e-Tr@inings, managerSeminare Verlags GmbH, Bonn, 2005
- [HER2002] Herpers, F.-J.; Sebestyen, T. J.: Das Einseiterseminar - XSL, verlag moderne industrie Buch AG & Co. KG, Landsberg 2002
- [HTM2006] HTML, World Wide Web Consortium (W3C), Internet, URL: <http://www.w3.org/MarkUp/>
- [INS2006] Instruklionalismus, Wikipedia, Internet, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Instruktionalismus>
- [JEE2006] Java EE, Sun Microsystems Inc., Internet, URL: <http://java.sun.com/javae/>
- [JSE2006] Java SE, Sun Microsystems Inc., Internet, URL: <http://java.sun.com/javase/>
- [JWS2006] Java Web Start, Sun Microsystems Inc., Internet, URL: <http://java.sun.com/products/javawebstart/>
- [KAS2000] Kassem, N.; Enterprise Team: Design Enterprise Applications with Java 2 Platform, Enterprise Edition, Sun Microsystems, Inc.; Addison-Wesley, München, 2000
- [KOG2006] Kognitivismus, Wikipedia, Internet, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kognitivismus>
- [KON2006] Konstruktivismus, Wikipedia, Internet, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Konstruktivismus_%28Lernpsychologie%29

- [KUH1999] Kuhlmann, G.; Müllmerstadt, F.: SQL - Der Schlüssel zu relationalen Datenbanken, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg, 1999
- [LAM2001] Lambert, A.: Wissenskonstruktion und situiertes Lernen, Internet, URL: http://www.math.uni-sb.de/ag/wittstock/alambert/MedienDesign/4Wissenskonstruktion_situie.html
- [LAN2003] Langham, M.; Ziegler, C.: Cocoon: Building XML Applications, New Riders Publishing, München, 2003
- [LER2006] Lernen, Wikipedia, Internet, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Lernen>
- [LNB2002] Multimediales Lernnetz Bauphysik, Internet, URL: <http://www.lernnetz-bauphysik.de>
- [MCL2000] McLaughlin, B.: JAVA and XML, O'Reilly & Associates, Inc., California, 2000
- [MOL2004] Molz, M.; Schnotz, A.; Niegemann, W.; Hochscheid-Mauel, D.: Deconstructing instructional design models: Toward an integrative conceptual framework for instructional design research, in: Instructional design for multimedia learning, Waxmann, Münster, 2004
- [NIE2004] Niedermeier, S.: Cocoon 2 und Tomcat, Galileo Press GmbH, Bonn, 2004
- [NIE2003] Niegemann, H. M. et. al.: Kompendium E-Learning, Springer-Verlag, Heidelberg, 2003
- [OES1998] Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung - Analyse und Design mit der Unified Modeling Language, Oldenburg Verlag, München, 1998
- [OKO2006] Operante Konditionierung, Wikipedia, Internet, URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Skinner-Box>
- [RUD2000] Rudolph, D.; Stürznickel, T.; Weissenberger, Leo: DXF intern, CR/LF GmbH, Essen, 2000
- [SCH2002] Schulmeister, R.: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme, Oldenburg Verlag, München, 2002

- [SCM2003] Schmidt, B.; Schnittker, N.; Grübl, P.: Lehrpfade als Element von E-Learning, in: Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten (Tagungsband), Eigenverlag, Darmstadt, 2003
- [SCN2003] Schnittker, N.; Schmidt, B.; Grübl, P.: Elsbeth Ein Programm zur Unterstützung der Vorlesung, in: Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten (Tagungsband), Eigenverlag, Darmstadt, 2003
- [SCO2006] SCORM, Internet, URL: <http://www.adlnet.gov/scorm/index.cfm>
- [SIT2006] Situiertes Lernen, Wikipedia, Internet, URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Situiertes_Lernen
- [SNE2002] Snell, J.; Tidwell, D.; Kulchenko, P.: Programming Web Services with SOAP, O'Reilly & Associates, Inc., California, 2002
- [SOA2006] SOAP, The Apache Software Foundation, Internet, URL: <http://ws.apache.org/soap/>
- [STR2006] Struts, The Apache Software Foundation, Internet, URL: <http://struts.apache.org/>
- [SUN2006] Sun Microsystems Inc., Internet, URL: <http://java.sun.com/>
- [TIS1997] Tischer, M.; Jennrich, B.: INTERNET intern, DATA BECKER GmbH & Co. KG, Düsseldorf, 1997
- [TOM2006] Tomcat, The Apache Software Foundation, Internet, URL: <http://tomcat.apache.org/>
- [ULB2003] Ulbricht, F.: Java meets Lego, Javamagazin, Heft 8, Software & Support Verlag GmbH, 2003
- [WAG2004] Wagner, A.; Kleber, M.: Entwicklung eines erweiterbaren Datenmodells für bauphysikalische Berechnungen im „Multimedialen Lernnetz Bauphysik“, Bauphysik, Heft 5, Ernst & Sohn, Berlin, 2004
- [WAL2001] Walsh, A. E.; Bourges-Sévenier, M.: core WEB3D, Prentice Hall PTR, NJ, 2001

[WBS2006] Web Services, The Apache Software Foundation, Internet, URL:
<http://ws.apache.org/>

[WEN2003] Wendt, M.: CBT und WBT - konzipieren - entwickeln - gestalten,
Carl Hanser Verlag, München, 2003

[X3D2006] X3D, Web3D Consortium (web3d), Internet, URL: <http://www.web3d.org/>

[XML2006] XML, World Wide Web Consortium (W3C), Internet, URL:
<http://www.w3.org/XML/>

[XPA2006] XPATH, World Wide Web Consortium (W3C), Internet, URL:
<http://www.w3.org/TR/xpath>

[XSL2006] XSLT, World Wide Web Consortium (W3C), Internet, URL:
<http://www.w3.org/Style/XSL/>